

Sauer, Maik
Audiokonzeption und Durchführung von Fußball-
Live-Übertragungen mittels Übertragungswagen in
Stereo und 5.1 Surround

- Bachelorarbeit -

Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences

Leipzig - 2010

Sauer, Maik

Audiokonzeption und Durchführung von Fußball-
Live-Übertragungen mittels Übertragungswagen in
Stereo und 5.1 Surround

-eingereicht als Bachelorarbeit-

Hochschule Mittweida (FH) – University of Applied Sciences

Erstprüfer
Prof. Dr.-Ing Michael Hösel

Zweitprüfer
Dipl. Ing. Matthias Kopietz

Leipzig - 2010

Bibliografische Beschreibung und Referat

Sauer, Maik:

Audiokonzeption und Durchführung von Fußball-Live-Übertragungen
mittels Übertragungswagen in Stereo und 5.1. Surround
Leipzig- 2010- 94 S.

Hochschule Mittweida, Fachbereich Medien,
Bachelorarbeit

Referat:

Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Planung und der praktischen Durchführung einer Fußball-Live-Übertragung im audiotechischen Bereich. Hierbei werden die Audio- und Kommunikationstechnik eines Übertragungswagens sowie die verschiedenen Arbeitsbereiche der mobilen Außenübertragung erläutert. Darauf aufbauend wird ein Konzept für die Produktion einer Fußball-Übertragung in 5.1 Dolby Digital erstellt.

Inhaltsverzeichnis

Bibliografische Beschreibung und Referat	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	6
Vorwort	8
Zielsetzung	9
1. Einführung	11
1.1 Mikrofone	11
1.1.1 Kapselkonstruktionen und Richtcharakteristik	11
1.1.2 Spezielle Konstruktionen	12
1.2 Stereomikrofonie	13
1.2.1 Intensitätsstereofonie	14
1.2.2 Laufzeitstereofonie und AB-Mikrofonie	16
1.2.3 Gemischte Aufnahmeverfahren	16
1.2.4 Mehrkanal Aufnahmeverfahren	18
1.4 Surround Formate	19
1.4.1 Dolby Digital	20
1.4.1 Dolby Digital 5.1	21
1.4.2 Dolby E	22
1.4.3 Dolby Metadaten	23
1.5 Digitale Schnittstellen und Audioformate	24
1.6 Drahtlose Tonübertragung	27
1.6.1 Mikroporttechnik	28
1.6.2 Hand und Taschensender	30
1.6.3 Sendefrequenzen und Regulierung	32
1.6.4 Drahtlostechnik und DVB-T	33

2. Übertragungswagen und Arbeitsbereiche.....	36
2.1. Interne Arbeitsbereiche	36
2.1.2 Bildregie:.....	37
2.1.3 Bildtechnik:.....	37
2.1.4 Tonregie:.....	37
2.1.5 MAZ/Schnitt:	38
2.2 SNG	38
2.3 Slomotion / EVS	39
3. Technische Ausstattung	40
3.1 Anschlussmöglichkeiten	40
3.2 Kommunikation	41
3.2.1 Kommandoanlage	41
3.2.2 ISDN-Codec	45
3.2.3 Funkübertragungssysteme	46
3.3 Audiotechnik	47
3.3.1 Mischpult	47
3.3.2 Mikrofone	49
3.3.3 Outboard Equipment	51
4. Planung	53
4.1 Zielstellung	53
4.2 Produktionsanforderungen / Disposition	54
4.3 Personal und externe Arbeitsbereiche.....	54
4.4 Kommunikationswege	57
5. Durchführung	59
5.1 Kommunikation	59
5.1.1 Kommunikations-Infrastruktur vor Ort.....	59
5.1.2 Konfiguration der Kommandoanlage	62
5.2 Audioübertragung.....	66
5.2.1 Akustische Gegebenheiten und Signalquellen	66
5.2.2 Mikrofonierung	67

5.2.3	Signalwege	71
5.2.4	Sendespuren.....	72
6.	Fußballübertragung in Surround Sound.....	74
6.1.	Zielstellung.....	74
6.2.	Hardware Anforderungen	74
6.3.	Mikrofonierung	78
6.4	Downmix	82
6.5	Distribution	83
7.	Fazit.....	86
	Glossar	88
	Literaturverzeichnis.....	90
	Eigenständigkeitserklärung	94

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1:</i>	Richtcharakteristiken.....	12
<i>Abbildung 2:</i>	Richtrohrmikrofon Sennheiser MKH 416	13
<i>Abbildung 3:</i>	XY-Mikrofonierung	15
<i>Abbildung 4:</i>	Beispiel für eine Decca Tree- Anordnung	18
<i>Abbildung 5:</i>	Hamasaki Square.....	19
<i>Abbildung 6:</i>	Lautsprecheranordnung für 5.1. Surroundwiedergabe	21
<i>Abbildung 7:</i>	Frequenzbereiche	28
<i>Abbildung 8:</i>	8-Kanal Mikrofonempfänger Sennheiser EM1046	29
<i>Abbildung 9:</i>	Signalweg einer UHF-Mikroportanlage.....	30
<i>Abbildung 10:</i>	Handsender Sennheiser SKM 5000	30
<i>Abbildung 11:</i>	Analoges und digitales TV-Signal.....	35
<i>Abbildung 12:</i>	Arbeitsbereiche im Übertragungswagen.....	36
<i>Abbildung 13:</i>	SNG- Fahrzeug D-SNG3.....	39
<i>Abbildung 14:</i>	Externes Anschlussfeld und Kabeltagen	40
<i>Abbildung 15:</i>	Riedel Artist 64 Mainframe	42
<i>Abbildung 16:</i>	Client Card COX-108 G2.....	43
<i>Abbildung 17:</i>	Sprechstelle RCP 1012E.....	44
<i>Abbildung 18:</i>	Artist Director Software	45
<i>Abbildung 19:</i>	ISDN – Basis Anschluss.....	46
<i>Abbildung 20:</i>	Digitales Mischpult „Studer Vista 5“	48
<i>Abbildung 21:</i>	Field Reporter beim Interview.....	56
<i>Abbildung 22:</i>	Kommentatorplatz mit Sprechstelle und Headset	60
<i>Abbildung 23:</i>	Taschenempfänger EW 300 IEM mit In-Ear Kopfhörer.....	61
<i>Abbildung 24:</i>	Übersicht Kommando und Kommunikationsverbindungen.....	63
<i>Abbildung 25:</i>	Übersicht über Slotbelegung des Artist 64 Mainframes	65
<i>Abbildung 26:</i>	Kamera mit Funkempfänger EK 3241	68
<i>Abbildung 27:</i>	Kamera mit MKH 416 Richtmikrofon	69
<i>Abbildung 28:</i>	Mikrofonierung im Stadion.....	70
<i>Abbildung 29:</i>	Übersicht Mikrofone	71
<i>Abbildung 30:</i>	Signalweg von Stagebox zum Übertragungswagen	72
<i>Abbildung 31:</i>	Holophone H2-Pro Surround Mikrofon	78
<i>Abbildung 32:</i>	Front- und Surroundmikrofonanordnung	80

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 33:</i> Fukada Tree.....	81
<i>Abbildung 34:</i> Übertragungswege einer 5.1 Mehrkanal -Produktion.....	85

Vorwort

Die Media Mobil GmbH realisiert mit ihrem Übertragungswagen Fernseh- und Hörfunkproduktionen. Die Bandbreite der Produktionen erstreckt sich dabei von der Übertragung klassischer Konzerte, Talkshows, Preisverleihungen und aktueller Sportereignisse bis hin zu tagesaktueller Berichterstattung. Ein regelmäßiger Bestandteil des Auftragsspektrums ist die Übertragung von Fußballspielen der dritten Bundesliga im Auftrag des Mitteldeutschen Rundfunks.

Meine Motivation für diese Arbeit ergibt sich durch mein Interesse an der Erschließung von grundlegenden Zusammenhängen und Techniken in der Praxis der mobilen Außenübertragung. Mein besonderes Interesse gilt dabei der Audio- und Kommunikationstechnik und ihren Anwendungsbereichen. Da zunehmend Produktionen im hochauflösenden HDTV-Standard erstellt werden, zeigt sich, dass neben einer exzellenten Bildqualität auch eine entsprechend adäquate Tonwiedergabe erwartet wird. Diese Entwicklung führte dazu, dass ich mich in dieser Arbeit mit möglichen Ansätzen und Verfahrensweisen für eine Fußballproduktion im 5.1 Surround-Format beschäftige.

Ich bedanke mich bei allen Personen, die dazu beigetragen haben, dass ich diese Bachelorarbeit und somit den Abschluss meines Bachelorstudiums erreichen konnte. Ich bedanke mich besonders bei Herrn Prof. Dr.-Ing. M. Hösel, der es mir ermöglicht hat, dieses Thema zu bearbeiten, und meinem Betreuer Herrn Dipl.-Ing. Matthias Kopietz, welcher mich jederzeit tatkräftig mit seinem Fachwissen unterstützt hat. Ebenso möchte ich mich bei der gesamten Media Mobil GmbH bedanken, die mir das zugrunde liegende Thema bereitgestellt und mir einen spannenden und interessanten Einblick in die mobile Außenproduktion ermöglicht hat.

Zielsetzung

Diese Arbeit befasst sich mit der Planung und Durchführung von Fußball-Live-Übertragungen. Dabei soll speziell der Bereich der Audio- und Kommunikationstechnik beleuchtet werden. Im Mittelpunkt steht die technische Planung und Durchführung einer Fußball-Live-Übertragung mit Konferenzschaltung in der dritten Bundesliga. Die Konferenz findet zwischen drei zeitgleichen Spielen an verschiedenen Austragungsorten statt. Es wird nach Torsituationen und anderen relevanten Spielereignissen das jeweilige Spiel auf Sendung geschaltet. Dabei werden die grundlegenden Einsatzmittel und Verfahrensweisen von Fußballübertragungen mittels Übertragungswagen erschlossen. Darauf aufbauend erfolgt eine Untersuchung bezüglich des Mehraufwandes bei der Produktion von Spielen der ersten Bundesliga in Surround-Sound.

Die folgenden Fragen sollen im Verlauf dieser Arbeit beantwortet werden:

- Welche Herausforderungen und Auswirkungen im Bereich der Kommunikation vor Ort bringt eine solche Übertragung mit sich?
- Welche Unterschiede in Bezug auf Mikrofonierung und Übertragung gibt es bei Surroundproduktionen?

Anhand von technischen Gesichtspunkten werden diese Fragen durchleuchtet, um am Schluss zu einer Aussage zu gelangen, wie eine Außenübertragung im audiatechnischen Bereich aufgebaut ist und welche Gegebenheiten für eine reibungslose und flexible Kommunikation vorhanden sein müssen.

Die vorliegende Arbeit ist in sieben Abschnitte unterteilt. Der Erste befasst sich mit der Einführung und Definition der für das weitere Verständnis nötigen Grundbegriffe. Im zweiten und dritten Abschnitt werden die tontechnische Ausstattung und die Arbeitsbereiche des Übertragungswagens „R2“ beschrieben.

Die Abkürzung „R“ stammt ursprünglich von „Reportagewagen“ als Abgrenzung zu den größeren und umfangreicher ausgestatteten Übertragungswagen (Ü-Wagen). Allerdings ist die Abgrenzung zwischen R- und Ü-Wagen in den letzten Jahren immer diffuser geworden, da die R-Wagen von bild- und tontechnischer Seite stetig aufgerüstet wurden. Mittlerweile besitzen R-Wagen annähernd dieselben Funktionalitäten wie Ü-Wagen und können zu dem durch ihre kleinere Bauart flexibler eingesetzt werden.¹

Im Rahmen dieser Arbeit wird ausschließlich auf die für die geplante Produktion notwendigen Arbeitsmittel eingegangen. Das vierte Kapitel han-

¹ Vgl. Interview Matthias Kopietz 27.11.2009

delt von der Planung und den Produktionsanforderungen von Fußball-Live-Übertragungen. Danach befasst sich das fünfte Kapitel mit der Durchführung der zu realisierenden Produktion. Dieses Kapitel thematisiert die zwei wesentlichen Bestandteile und Aufgabenfelder eines Toningenieurs: Kommunikation und Audioübertragung. Es werden technische Überblicke bezüglich der zum Einsatz kommenden Gerätschaften, Komponenten und Datenformate gegeben und es wird erläutert, wie diese zu konfigurieren und einzusetzen sind.

Abschnitt Sechs behandelt die Veränderungen in Anforderungen, Konzeption und Umsetzung für Surroundübertragungen auf Grundlage der vorangegangenen Kapitel.

Im siebten und letzten Abschnitt schließt diese Arbeit mit einem Resümee der erarbeiteten Ergebnisse und nimmt dabei Bezug auf die Zielsetzung und eingangs genannten Fragestellungen..

1. Einführung

Das folgende Kapitel behandelt tontechnische Grundlagen und Zusammenhänge, die für das Grundverständnis der eingesetzten Arbeitsmittel notwendig sind. Es wird ausschließlich auf die für Fußballübertragungen mittels Übertragungswagen relevanten Arbeitsmittel eingegangen. Es handelt sich hierbei um Begrifflichkeiten, welche im Zusammenhang dieser Bachelorarbeit mehrfach erwähnt oder mit verschiedenen technischen Geräten in Verbindung gebracht werden.

1.1 Mikrofone

Aufgrund der verschiedenen Anforderungen und Einsatzbereiche von Mikrofonen werden im Folgenden die unterschiedlichen Typen näher beschrieben. Es wird im Rahmen dieser Arbeit ausschließlich auf die für diese Außenproduktion relevanten Typen eingegangen. Mikrofone, welche unter Umständen bei anderen Produktionen ihren Einsatz finden, werden an dieser Stelle vernachlässigt.

Grundsätzlich unterscheidet man Mikrofone nach ihrem Wandlungsprinzip und ihrer akustischen Bauform (Mikrofonkapsel). Die wichtigsten Kenngrößen von Mikrofonen ist ihr Frequenzgang und ihre Richtcharakteristik. Als Richtcharakteristik bezeichnet man die Richtungsabhängigkeit der Empfindlichkeit eines Mikrofons. Der Frequenzgang beschreibt die Frequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit.² Sowohl die Ausführungsart der Mikrofonkapsel als auch das Wandlungsprinzip haben Einfluss auf das Übertragungsverhalten von Mikrofonen. Maßgebend für die Richtcharakteristik eines Mikrofons ist die Bauweise der Mikrofonkapsel. Entscheidend für den Frequenzgang ist das Zusammenwirken von Kapsel und Wandlungsprinzip.

1.1.1 Kapselkonstruktionen und Richtcharakteristik

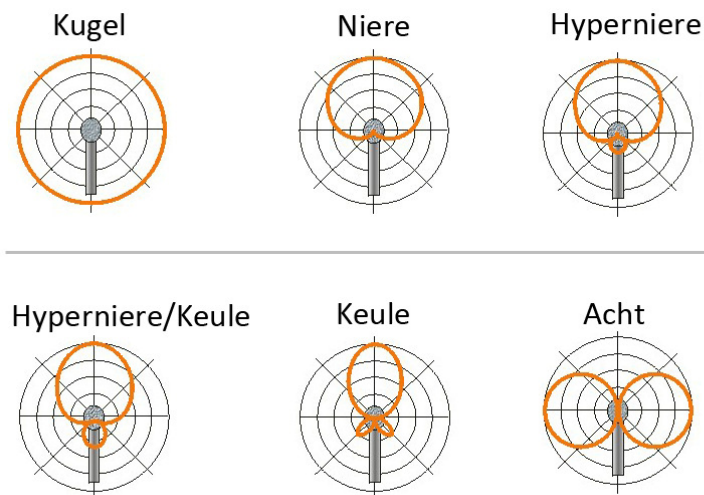
„Die Richtcharakteristik beschreibt das Verhältnis der Empfindlichkeit eines Mikrofons für Schallquellen, die aus allen Richtungen einer Ebene auf das Mikrofon auftreffen. Die Richtwirkung hängt im Wesentlichen von der Bauform des Mikrofons ab bzw. davon, wie der Schall zur Membran gelangt.“³

² Vgl. Görne 1994, S60

³ Vgl. Mücher S.376

Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen Druckempfänger und Druckgradientenempfänger. In Abb.1 sind die unterschiedlichen Richtcharakteristiken von Mikrofonen dargestellt.

Abbildung 1: Richtcharakteristiken⁴



1.1.2 Spezielle Konstruktionen

Richtrohrmikrofon

Richtrohrmikrofone oder auch Interferenzempfänger finden vor allem bei Film- und Fernsehproduktionen ihren Einsatz, wenn Sprache oder Ähnliches aus größerer Entfernung aufgenommen werden muss. Sie haben eine keulenförmige Richtcharakteristik, welche besonders bei hohen Frequenzbereichen maximale Richtwirkung erzielt. Das Richtrohrmikrofon besteht aus einem Druckgradientenempfänger mit Nieren- oder Hypernierencharakteristik und einem sogenannten Richtrohr, welches vor die Mikrofonkapsel gesetzt wird. Das Richtrohr ist ein Rohr mit seitlichen Öffnungen. Seitlich eintreffender Schall wird zum Teil durch die Öffnungen in das Rohr hinein gebeugt und überlagert sich gegenphasig im Rohrinnenen. Durch diese Interferenzen kommt es zu Auslöschungen, welche dazu führen, dass der seitlich eintreffende Schall stark gedämpft wird. Frontal eintreffender Schall überlagert sich am Ende des Rohres gleichphasig. Dies führt zu einer Addition und somit zu einer Verstärkung des Schalls. Die Wellenlänge der

⁴ Quelle: Modifiziert, <http://www.musik.uni-osnabrueck.de>

tiefsten Frequenz, die noch gebündelt wird, entspricht etwa der Länge des Rohres. Eine Rohrlänge von 34 cm entspräche einer Grenzfrequenz von 1KHz. Unterhalb der Grenzfrequenz hat das Richtrohr dann die Richtwirkung des Druckgradientenempfängers.⁵ In Abb. 2 ist ein Richtrohrmikrofon dargestellt.

Abbildung 2: Richtrohrmikrofon Sennheiser MKH 416⁶



Koinzidenzmikrofon

Koinzidenzmikrofone sind Stereomikrofone, welche zwei dicht übereinander liegende Kapseln in einem Mikrofongehäuse enthalten. Dabei werden verschiedene Verfahrensweisen der Intensitätsstereofonie verwendet (Kap. 1.3.1). Der Vorteil eines Stereomikrofons liegt in der Handhabung, da keine zwei Mikrofone für eine stereofone Aufnahme benötigt werden. Weiterhin sind die beiden Mikrofonkapseln von ihrer technischen Bauart und ihren elektrischen Übertragungseigenschaften aufeinander abgestimmt. Bei Stereomikrofonen lassen sich die Richtcharakteristik und der Öffnungswinkel der beiden Kapseln verändern. Dieses geschieht zum einen durch Pegelunterschiede oder durch mechanisches Bewegen der beiden Kapseln. Grundsätzlich sind die Verfahrensweisen analog zu denen der Stereoaufnahmen mit zwei separaten Mikrofonen.

1.2 Stereomikrofonie

Der Begriff Stereo bzw. Stereofonie schließt zwar in seiner Definition („stereos“, griech. räumlich) alle Mehrkanaltechniken mit ein, wird jedoch weitläufig als Synonym für die zweikanalige Tonübertragung verwendet. Aus

⁵ Vgl. Görne 1994, S. 97, Dickreiter 2003, S.105, Smyrek, S.151

⁶ Quelle: Sennheiser.de 25.11.2009

diesem Grund steht auch in dieser Ausarbeitung der Begriff „Stereo“ für zweikanalige Aufnahme- und Wiedergabeverfahren. Praktisch gesehen erfolgt eine stereofone Aufnahme mittels einer speziellen Anordnung zweier Mikrofone oder durch die Umwandlung monofoner Signale mit Hilfe eines Mischpultes. Ein Stereosignal wird über zwei Kanäle (Links/Rechts) übertragen und letztendlich über zwei Lautsprecherboxen wiedergegeben. Die optimale Abhörposition bildet dabei das sogenannte Stereodreieck. Charakteristisches Merkmal für ein Stereoklangbild und die Grundlage aller Merkanaltechniken ist der Eindruck des „räumlichen Hörens“, welcher durch die Ortung von Phantomschallquellen und durch Richtungsinformationen des seitlich reflektierten Schalls zustande kommt. Als Phantomschallquelle bezeichnet man eine künstliche Schallquelle, die bei der Stereowiedergabe vom Hörer zwischen den beiden eigentlichen Schallquellen, den Lautsprechern, lokalisiert wird. Die Richtungsinformationen innerhalb einer Stereoaufnahme können über Laufzeitdifferenzen, Pegeldifferenzen oder beides enthalten sein.

1.2.1 Intensitätsstereofonie

Bei der Intensitätsstereofonie bestimmen die Intensitäts- bzw. Pegelunterschiede die Abbildungsrichtung einer Schallquelle im Stereobild. Intensitätsstereofonie hat eine präzise Richtungsabbildung und Ortung von Schallquellen und ist monokompatibel. Die gängigsten Mikrofonierungstechniken für die Fernsehproduktion sind die „MS“, die „XY“ sowie die „Blumlein“ Technik.

MS-Technik

Bei der MS-Mikrofonierung werden zwei Mikrofone mit unterschiedlichen Richtcharakteristiken senkrecht übereinander montiert. Das M-Mikrofon ist auf das Zentrum der Schallquelle ausgerichtet und nimmt das Mittensignal auf. Das Mikrofon kann eine kugelförmige, nierenförmige oder beliebig andere Richtcharakteristik besitzen. Das S-Mikrofon, welche das Seitensignal aufzeichnet, hat eine Achterrichtcharakteristik und ist seitlich gegenüber dem M-Mikrofon ausgerichtet. Die phasenrichtige Seite der Acht muss nach links zeigen. Um das gewonnene MS-Signal in gewohnter Stereo-Abhörumgebung wiederzugeben, muss es erst in ein Links-/Rechtssignal (XY) umgewandelt werden. Dies geschieht durch phasenabhängige Summierung und Differenzierung. Das linke Signal (X) ergibt sich aus der Summe von Mittensignal (M) und Seitensignal (S), das Rechtssignal (Y) aus Differenzierung von Mitten- und Seitensignal. Die unten stehende Gleichung verdeutlicht die Zusammenhänge:

$$X=M+S ; Y=M-S; M=X+Y; S=X-Y$$

Bei der Stereoumwandlung des MS-Signals mit einem herkömmlichen Mischpult liegen die Seitensignale (S) auf zwei Kanälen im Mischpult, wobei ein Kanal um 180° phasengedreht sein muss. Hierfür besitzen die meisten Mischer einen so genannten Phasenumkehrschalter im Kanalzug. Die beiden Seitenkanäle werden dann im Panorama jeweils nach links und nach rechts gestellt. Das Mittensignal (M) wird auf einem dritten Kanal geroutet und mittig im Panorama angeordnet. Der Vorteil der MS-Technik ist, dass man nachträglich die Pegelverhältnisse zwischen Mitten- und Seitensignalen und somit die Stereobreite verändern kann.

XY-Technik

Bei der XY-Mikrofonierung werden zwei Mikrofone mit gleicher Richtcharakteristik übereinander angeordnet und gegeneinander im gleichen Winkel seitlich angewinkelt. Das „X“ bezeichnet dabei die linke Seite und das „Y“ kennzeichnet die rechte Seite. Bei der XY-Mikrofonierung werden meist Mikrofone mit Nierencharakteristik verwendet. Diese ist aber auch mit Supernieren oder Achtercharakteristik realisierbar (Blumlein). Der Aufnahmebereich, sprich die Breite der Stereoabbildung, ist abhängig vom Öffnungswinkel ausgehend von den beiden Mikrofonkapseln. Je größer der Öffnungswinkel, desto kleiner wird der Aufnahmebereich.⁷

*Abbildung 3: XY-Mikrofonierung*⁸



⁷ Vgl. Smyrek, Görne 2004, Dickreiter 2003

⁸ Quelle: www.shoeps.de, 15.09.2009

Ein besonderes Verfahren der XY-Technik ist das Blumlein-Verfahren. Hierbei werden zwei Mikrofone mit einer Achter-Richtcharakteristik und einem Öffnungswinkel von 90° verwendet. Das Blumleinverfahren besitzt durch seine zusätzliche, rückwärtsgerichtete Schallaufnahme eine gute Raumwiedergabe.

1.2.2 Laufzeitstereofonie und AB-Mikrofonie

Bei der Laufzeitstereofonie bestimmen Laufzeitunterschiede die Abbildung einer Schallquelle im Stereobild. Diese Laufzeitdifferenzen kommen zustande, wenn zwei Mikrofone in einem gewissen Abstand zueinander stehen. Eine auf der rechten Seite befindliche Schallquelle kommt demzufolge am linken Mikrofon später an als auf dem rechten Mikrofon. Da bei diesen Laufzeitdifferenzen auch Phaseninformationen mit übertragen werden, zeichnet sich die Laufzeitstereofonie besonders durch eine ausgezeichnete räumliche Tiefenstaffelung aus. Nachteil ist, dass die Laufzeitstereofonie nur bedingt monokompatibel ist, da durch die Phasenunterschiede der einzelnen Kanäle bei einer Monowiedergabe eine Verschlechterung des Klanges durch Interferenzen zu verzeichnen ist.

AB-Verfahren

Das Mikrofonaufstellungsverfahren bei der Laufzeitstereofonie wird als das AB-Verfahren bezeichnet. Dabei sind zwei Mikrofone in einem gewissen Abstand parallel zueinander angeordnet. Dadurch treffen Schallsignale aus seitlichen Richtungen zu verschiedenen Zeitpunkten an den beiden Mikrophonkapseln ein. Prinzipiell sind alle Mikrofontypen für dieses Verfahren geeignet. Je größer die Richtwirkung der Mikrofone, desto weniger Rauminformationen werden übertragen.

In der Praxis arbeitet man mit „Klein-AB“, welche einen Mikrofonabstand zwischen mindestens 17,5 cm bis 40 cm besitzen und „Groß-AB“ mit bis zu 100 cm Abstand.⁹

1.2.3 Gemischte Aufnahmeverfahren

Die Kombination von Intensitäts- und Laufzeitstereofonie bezeichnet man als gemischtes Aufnahmeverfahren oder auch Äquivalenzstereofonie. Bei diesem Verfahren sind sowohl Pegeldifferenzen als auch Laufzeitunterschiede für die Abbildung der Schallquelle im Stereobild verantwortlich. Die Vorteile beider Aufnahmeverfahren werden somit verbunden. Folglich können sowohl eine gute Lokalisation der Schallquelle als auch eine räumliche

⁹ Vgl. Smyrek, S.181

Tiefenstaffelung in einem Aufnahmeverfahren gewährleistet werden. Die einfachste Methode zur Herstellung einer äquivalenzstereofonen Aufnahme ist der Einsatz zweier Richtmikrofone mit Nierencharakteristik auf einer Stereoschiene wie bei dem AB-Verfahren. Im Gegensatz dazu werden die Mikrofonkapseln nach außen gedreht. Innerhalb der vorliegenden Bachelorarbeit erfährt im Einzelnen für die Stereomikrofonierung einer Fußballproduktion die ORTF-Anordnung als gemischtes Aufnahmeverfahren Anwendung.¹⁰

ORTF, NOS, DIN

Bei dem ORTF-Verfahren werden zwei gerichtete Mikrofone mit Nierencharakteristik in einem Abstand von 17,5 cm und einem Öffnungswinkel von 110° verwendet. Diese Maße entsprechen dem Ohrabstand des menschlichen Kopfes. Dadurch entsprechen die Laufzeit- und Pegeldifferenzen in etwa dem natürlichen Hören. Eine ähnliche Methode ist das NOS-Verfahren. Es werden zwei Mikrofone mit Nierencharakteristik und einem Abstand von 30 cm bei einem Öffnungswinkel von 90° verwendet. Weiterhin gibt es die DIN-Anordnung mit einem Mikrofonabstand von 20 cm und einem Öffnungswinkel von 90°.

Decca Tree

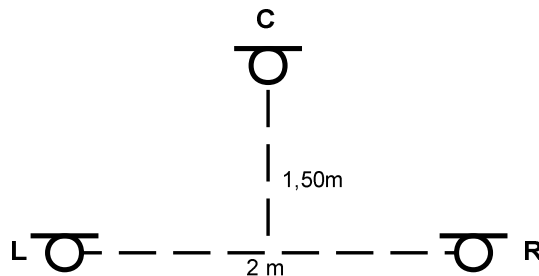
Decca Tree ist eine AB-Anordnung mit drei Mikrofonen. Dabei werden Druckempfänger (Kugelcharakteristik) in einem gleichseitigen Dreieck angeordnet.¹¹ Im Gegensatz zum ORTF-Verfahren mit festgelegten Abständen zwischen den Mikrofonen gibt es bei Decca Tree keine verbindlichen Vorgaben. Üblicherweise werden gemäß den Erfahrungen verschiedener Aufnahmesituationen Mikrofonabstände zwischen 1 m und 2 m verwendet. Letztendlich muss der Mikrofonabstand nach Gehör optimiert werden. Dabei muss besonders auf den Abstand zwischen Mikrofon und Schallquelle sowie den Mikrofonen untereinander geachtet werden. Bei zu geringen Mikrofonabständen und folglich zu geringen Laufzeitunterschieden kann es zu Klangverfärbungen und diffusen Hörereignissen durch Interferenzerscheinungen kommen. Aus diesem Grund wird das Decca Tree-Aufnahmeverfahren bei groß ausgedehnten oder im Falle mehrerer Schallquellen verwendet. Bei der Wiedergabe wird das Signal des rechten Mikrofons ausschließlich auf den rechten Kanal und das des linken Mikrofons ausschließlich auf den linken Kanal geroutet. Das mittlere Mikrofonsignal

¹⁰ Vgl. Dickreiter 2003

¹¹ Vgl. Görne 1994

wird zu gleichen Teilen und mit einer Pegelverminderung von 3 dB auf den linken und rechten Kanal hinzu gemischt.¹²

Abbildung 4: Beispiel für eine Decca Tree- Anordnung¹³



Das Decca-Tree Verfahren hat sich nicht nur in der Stereomikrofonie etabliert, sondern spielt besonders als Hauptmikrofonsystem in der Surround-Mikrofonierung eine tragende Rolle. Nähere Angaben werden in Kapitel 6.3 erläutert.

1.2.4 Mehrkanal Aufnahmeverfahren

Surroundaufnahmen werden wie Stereoaufnahmen mit mehrkanaligen Mikrofonanordnungen hergestellt. Für eine 5.1-Mischung können z.B. fünf Mikrofone verwendet werden. Dies ist eine kompakte Anordnung vergleichbar mit der Äquivalenz-Stereofonie.

In einer anderen Aufnahmestrategie werden die vorderen Kanäle (L, R, C) mit einem „Front-Array“ bestehend aus mehreren Mikrofonen aufgenommen. Die hinteren bzw. Surroundkanäle (Ls, Rs) werden mit einem räumlich abgesetzten „Surround-Array“ abgenommen.¹⁴

Hamasaki Square

Bei dieser Surround-Mikrofonierung werden vier Mikrofone mit einer Achtercharakteristik verwendet. Sie sind in Abhängigkeit der Raumgröße mit einem Abstand von ca. 1 bis 4 m in einem Quadrat aufgestellt. Die phasenrichtigen Seiten der Achten sind nach außen gerichtet.

Der Direktschall von vorne bzw. die Reflektionen von hinten werden dadurch maximal gedämpft. So erhält man eine sehr gute Trennung von Direkt- und Diffusschall. Auf diese Weise wird hauptsächlich indirekter Schall aufgezeichnet. Durch die Größe des Quadrates entstehen an den

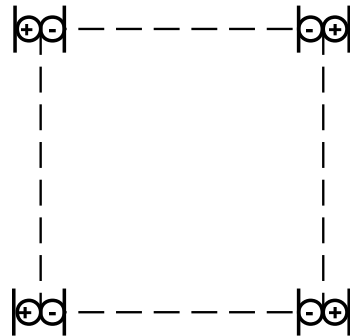
¹² Vgl. Gernemann

¹³ Quelle: Vgl. Abbing 2004,32

¹⁴ Görne 2008, S.307

seitlichen Segmenten AB-Stereobasen. Die Polarität der rechten Mikrofone wird gegenüber den linken Mikrofonen umgekehrt, um die Korrelation zwischen linker und rechter Hälfte zu vermindern. Das Resultat ist eine räumliche und homogene Wiedergabe des diffusen Schallfeldes.¹⁵

Abbildung 5: Hamasaki Square¹⁶



Stützmikrofone

Sowohl bei Stereo als auch bei Surroundaufnahmen werden zusätzlich zu den Hauptmikrofonen Stützen aufgestellt. Von den Stützmikrofonen erwartet man eine bessere Lokalisation einzelner Schallquellen in der Mischung.¹⁷

1.4 Surround Formate

„Surround ist ein Raumklangverfahren, welches über mehrere Tonkanäle und Lautsprecher arbeitet. Die Tonkanäle können dabei diskret oder auch zu einem Datensignal zusammengefasst gespeichert sein.

Einige Formate sind für die Nutzung im Kino gedacht, andere auch oder ausschließlich für Consumeranwendungen.“¹⁸

Surround-Sound hat seinen Ursprung im Kino. Für den Heimbereich konnte es sich erst nach der Einführung der DVD etablieren, welche die Möglichkeit bietet, mehrere Audiokanäle auf einem Medium zu speichern und wiederzugeben. Das Ziel von Surround ist eine dreidimensionale Wiedergabe des Klangs meist im Zusammenhang mit Bild, um den Zuhörer in das szenarische Geschehen zu integrieren.

Im Einzelnen wird an dieser Stelle nicht weiter auf die Entwicklung des Mehrkanaltons und dessen verschiedensten Verfahrensweisen eingegan-

¹⁵ Vgl. Abbing 2004

¹⁶ Quelle: Vgl. Abbing 2004

¹⁷ Vgl. Smyrek ,160

¹⁸ Vgl. Mücher 2008

gen. Der populärste und für diese Arbeit relevante Standard ist 5.1-Surround, vertreten durch den Surround-Codec „Dolby Digital“ bzw. „Dolby Digital Plus“. In diesem Zusammenhang spielt für die Rundfunkproduktion das Codierverfahren „Dolby E“ eine entscheidende Rolle.

1.4.1 Dolby Digital

„Dolby Digital ist ein Datenstrom zur Übertragung des fertig produzierten Stereo- oder Mehrkanaltons zum Konsumenten. Einsatz findet Dolby Digital neben Kino und digitalem Fernsehen (DVB) auch auf DVD, Blue –Ray Disc oder HD-DVD.“¹⁹

Die Nutzung des diskreten Mehrkanaltons beim Filmtone und im Rundfunk ist nur mit einer verlustbehafteten Datenreduzierung der digitalen Signale möglich. Als Codierverfahren kommt AC-3 (Adaptive Transform Coder no.3) zum Einsatz. Dolby Digital verarbeitet Eingangs- und Ausgangssignale bis zu 24 Bit bei einer Abtastfrequenz von wahlweise 32, 44,1 oder 48 KHz. Dolby Digital unterstützt die Kanalkonfigurationen Mono, Stereo sowie Mehrkanalton (5.1) mit separatem Effektkanal für Subwoofer (LFE). Die Audiobandbreite des Kodierungsverfahrens beträgt 20-20.300 Hz, wird jedoch bei kleineren Datenraten auf 18,1 KHz begrenzt. Die Kanalkonfiguration bestimmt gemeinsam mit der gewünschten Bandbreite (Audioqualität) die Datenrate des Kodierungsverfahrens, welche üblicherweise zwischen 64 kbits/s (Mono) und 448kbits/s (5.1) liegt. Dadurch eignet sich Dolby Digital besonders zur Übertragung von Mehrkanalton in Systemen mit eingeschränkten Datenraten wie z.B. DVB oder über Satellit.

Wie alle digitalen Codierverfahren verursacht auch Dolby Digital eine erhebliche Latenzzeit. Von Seiten des Encoders hängt diese Verzögerung von der gewählten Datenrate, Samplingfrequenz und Kanalkonfiguration ab. Decoderseitig bestimmt die Taktfrequenz die Latenz. In Verbindung mit Bild verursachen diese Latenzen einen Bild-Tonversatz, welcher sowohl bei der Produktion als auch empfangsseitig berücksichtigt werden muss. In Bezug auf diese Problematik bedienen sich Anwender- bzw. Heimgeräte einem Verfahren zum automatischen Latenzausgleich.²⁰

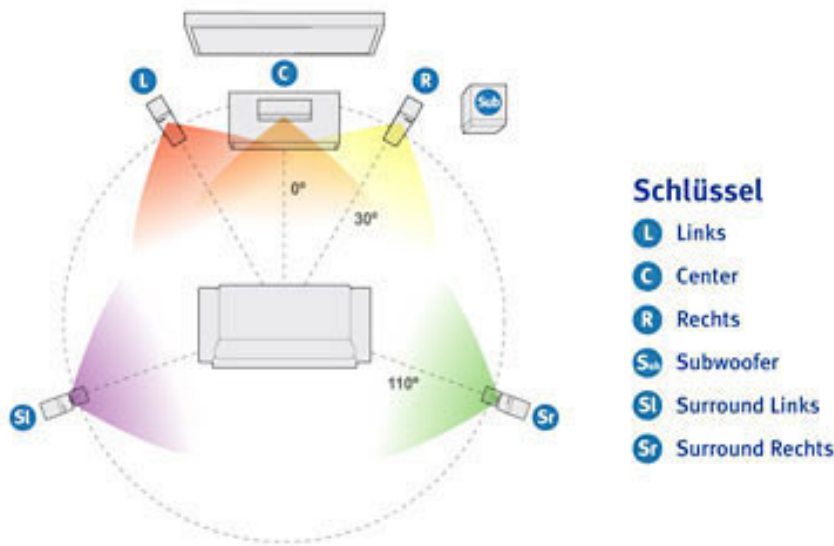
¹⁹ Weinzierl

²⁰ Vgl. Weinzierl, S.629

1.4.2 Dolby Digital 5.1

Bei Dolby digital 5.1 werden bis zu sechs diskrete Audiokanäle verwendet. Die Kanäle L (Left), C (Center), R (Right), LS (Left Surround), LR (Right Surround) und der optionale Subwooferkanal LFE (Low Frequency Effects) werden über separate Lautsprecher wiedergegeben und bilden somit das Surroundgefüge. Abbildung 6 zeigt die optimale Lautsprecheranordnung für 5.1 Surroundwiedergabe nach der Richtlinie ITU-R BS.755.

Abbildung 6: Lautsprecheranordnung für 5.1. Surroundwiedergabe²¹



Kompatibilität

Alle Surroundverfahren sollten unabhängig ihres Einsatzgebietes stereokompatibel sein bzw. Stereowiedergabegeräte unterstützen. Je nach Anforderung muss zum Beispiel auf einer DVD neben der Surroundmischung noch eine zusätzliche Stereomischung vorhanden sein. Dieses gilt auch für den Einsatz im Rundfunkbereich. Am einfachsten gelingt dies durch einen automatischen Downmix von Surround auf Stereo. So kann man für einen Stereo-Downmix vom 5.1-Master den Center Kanal und die Surroundkanäle mit je -3dB dem linken und dem rechten Kanal zumischen.²²

²¹ Quelle: www.dolby.com 22.09.2009

²² Görne 2008,299

1.4.3 Dolby E

Mit der Einführung des Mehrkanaltons in Studios und bei Rundfunk- und Fernsehanstalten wurde schnell klar, dass die Infrastruktur der meisten Unternehmen nicht auf die Speicherung und Übertragung von mehrkanaligen Produktionen ausgelegt ist. Die meisten digitalen Videomaschinen und Serversysteme bieten gerade einmal vier Spuren und viele Übertragungseinrichtungen erlauben nur zweikanalige Verbindungen. Dolby E ist ein Distributions- oder Produktionsformat zur Verteilung von bis zu acht Kanälen in AES/EBU-Datenrahmen. Maximal acht diskrete Audiokanäle werden dabei so kodiert, dass sie über eine digitale zweikanalige AES/EBU Audioschnittstelle übertragen und auf zweikanaligen Medien aufgezeichnet werden können. Die acht möglichen Kanäle können unabhängig voneinander belegt werden oder zusammengehörige Programmspuren übertragen. So ist es z.B. möglich, über Dolby E acht unabhängige Monokanäle ebenso zu verteilen wie vier Stereomischungen oder einen 5.1 Mix mit einer separaten Stereomischung. Die entscheidenden Vorteile von Dolby E gegenüber der AC3 Codierung von Dolby Digital ist zum Einen die Synchronisation von Dolby E Frames zu Videoframes. Dadurch kann Dolby E problemlos zusammen mit Videomaterial geschnitten werden. Bei AC3 ist dies nicht der Fall. Weiterhin ist die Datenreduktion bei Dolby E weitaus geringer, so dass selbst nach zehn vollzogenen Codierungen kaum klangliche Einbußen wahrzunehmen sind.

Die Datenrate von Dolby E ist so gewählt, dass sie genau der Netto-Datenrate einer digitalen Audioschnittstelle nach AES3 mit 48KHz Taktfrequenz und 16 oder 20 Bit Auflösung entspricht. Je nach Auflösung des Mediums können unterschiedlich viele Kanäle übertragen oder aufgezeichnet werden. Für die Übertragung von acht Kanälen sind mindestens 20 Bit notwendig. Bei einer 16 Bit Auflösung können bis zu sechs diskrete Kanäle übertragen werden. Der Transport von Dolby E-Daten innerhalb einer AES-Schnittstelle setzt absolute Daten- oder Bittransparenz voraus. Dies bedeutet, dass sich im Signalweg der Dolby E-Übertragung keine Abtastwandler, Audioprozessoren oder sonstige Komponenten befinden dürfen, welche den Dolby E-Datenstrom verändern und somit unbrauchbar machen würden.²³

²³ Vgl. Kopietz 2007, 23

1.4.4 Dolby Metadaten

Metadaten sind inhaltsbezogene Zusatzdaten, die zusätzlich zu den Audiodaten übertragen werden. Alle digitalen Dolby-Formate erfordern korrekt editierte Metadaten, um die Audiosignale im jeweiligen Endgerät des Konsumenten an die Abhörsituation anzupassen und die Wiedergabe zu optimieren. Durch die Übertragung von Metadaten müssen bei der Produktion nicht verschiedene Mischungen und Bearbeitungen für unterschiedliche Zielmedien erstellt werden. Mit einem Datenstrom können alle möglichen Endgeräte versorgt werden. Durch die Metadaten wird das Audiomaterial automatisch vom jeweiligen Endgerät angepasst, egal ob die Wiedergabe in 5.1, Stereo oder Mono erfolgt. Voraussetzung hierfür ist, dass die Metadaten korrekt editiert worden sind.

Descriptive Metadata

Descriptive Metadata (beschreibende Metadaten) beschreiben den Datenstrom, beeinflussen ihn aber nicht. Sie enthalten Informationen über Namen von Programmspuren und über die Kanalkonfiguration (z.B. 5.1 bei Dolby Digital oder 5.1 +Stereo bei Dolby E).²⁴

Control Metadata

Control Metadata stellen den größten Teil der Metadaten dar. Sie steuern Encoder, Decoder sowie andere metadatenkompatible Geräte entlang des Übertragungsweges. Dabei beeinflussen sie nicht den Audiodatenstrom. Die wesentlichen Parameter für Control Metadata sind die Dialogue Normalisation, Dialog Level, Dynamic Range Control und Downmix Coefficients.²⁵

Die Parameter von „Dialogue Level“ und „Dialogue Normalisation“ steuern die durchschnittliche Lautheit von Sprache oder ähnlichen Komponenten innerhalb des Programms. Somit können extreme Pegelsprünge verschiedener Programmsegmente wirkungsvoll vermieden werden. Weiterhin sorgen die Metadaten für eine gleichbleibende Lautheit beim Empfänger. Der Parameter des „Dynamic Range Control“ passt die Dynamik des Audiomaterials an die Gegebenheiten des Empfangsgerätes an. Die „Downmix Coefficients“ bestimmt, wie sich die Surroundkanäle und der Centerkanal einer 5.1-Mischung bei einer Wiedergabe in 4.0, Stereo oder Mono verhalten.²⁶

²⁴ Vgl. Weinzerl, 632

²⁵ Vgl. Weinzerl, 633

²⁶ Vgl. Weinzerl, 633

Editieren von Metadaten

Das Editieren von Metadaten kann mittels Software oder direkt am Encoder erfolgen. Das Multichannel Audiotool DP570 von Dolby erlaubt nicht nur den Anschluss eines Rechners mit Dolby Remote Software, sondern darüber hinaus auch die akustische Emulation der Metadaten. Dadurch hat der Toningenieur im Übertragungswagen die Möglichkeit, die Auswirkungen der Metadateneinstellungen in Echtzeit und in allen Wiedergabebedingungen abzuhören. Der Anteil an Metadaten ist bei Dolby E deutlich größer als bei Dolby Digital, da acht einzelne Kanäle bzw. Programme mit individuellen Metadaten übertragen werden können. Zusätzlich werden bei Dolby E Informationen unter anderem über Timecode, Bildwiederholungsfrequenz übertragen.²⁷

1.5 Digitale Schnittstellen und Audioformate

Der Austausch digitaler Audiosignale zwischen Geräten erfolgt über standardisierte Datenschnittstellen. Als Schnittstelle bezeichnet man allgemein einen Anschluss, an dem zwei miteinander korrespondierende, digital arbeitende Geräte verbunden werden. Datenformate bzw. digitale Audioprotokolle sind vereinfacht ausgedrückt nichts anderes als eine Sprache, mit der zwischen zwei Geräten kommuniziert wird. Sender und Empfänger müssen also dasselbe Übertragungsprotokoll bzw. Datenformat benutzen. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl digitaler Audioschnittstellen und Datenformate, von denen die Wichtigsten im Einsatz beim Rundfunk und innerhalb des technischen Verbundes eines Übertragungswagens erläutert werden sollen.

1.5.1 AES/EBU nach der AES-3 Norm

AES/EBU ist die gebräuchlichste Bezeichnung eines von der „Audio Engineering Society“ in Zusammenarbeit mit der „European Broadcast Unit“ spezifizierten Übertragungsformates für digitale Audiosignale. Die „AES-3 Norm“ definiert die professionelle Übertragung von zwei Audiosignalen auf einer Leitung. Bei doppelter Abtastrate wird allerdings nur ein Signal pro Leitung übertragen. Die Datenübertragung erfolgt seriell, also blockweise, im Zeitmultiplexverfahren. Dabei werden Subframes der einzelnen Kanäle abwechselnd übertragen. Der serielle Datenstrom ist selbstsynchronisierend und benötigt daher keine weiteren Taktleitungen. Das AES/EBU-Format unterstützt Standardabtastraten von 32, 44.1, 48 und 96 KHz mit einer Auflösung von bis zu 24 Bit. Für eine Fehlerkorrektur der Datenüber-

²⁷ Vgl. Weinzerl, 633

tragung wird pro Subframe ein Paritätsbit verwendet. Die Audiodaten werden entweder symmetrisch über XLR-Steckverbindungen oder via unsymmetrischer Leitungen mit geschirmter BNC-Steckverbindung transportiert.

1.5.2 MADI

Das Multichannel Audio Digital Interface ist ein mittlerweile standardisiertes Gemeinschaftsprodukt verschiedener Hersteller professioneller Audiotechnik. MADI transportiert gleichzeitig bis zu 64 Kanäle bei einer Wortbreite von 24 Bit. Das Datenformat ist der AES/EBU Schnittstelle sehr ähnlich und kann somit leicht konvertiert werden.

Die Besonderheit beim MADI-Format ist die konstante Datenrate unabhängig von der Abtastfrequenz. MADI ist nicht zwingend selbstsynchronisierend, deshalb wird eine zusätzliche Taktleitung empfohlen. Die Übertragung kann über Lichtwellenleiter, 75 Ohm-Koaxialkabel oder auf Cat-5/Cat-6-Kabeln erfolgen. MADI unterstützt Abtastraten von 32 bis 48 KHZ.

1.5.3 SDI

SDI (Serial Digital Interface) wurde ursprünglich für die Übertragung von digitalisierten Videosignalen entwickelt. Heute ist SDI ein weltweiter Standard für die Übertragung digitaler Videosignale mit eingebetteten Audio- und Zusatzdaten (Embedded Audio). Die Einbettung von Audiosignalen in den SDI-Datenstrom ist jedoch im Standard nicht eindeutig definiert und kann im Einzelfall zu Kompatibilitätsproblemen zwischen SDI-Geräten verschiedener Hersteller führen.

Der SDI- Videodatenstrom orientiert sich an der klassischen Struktur analoger Videosignale und enthält auch nach der linearen A/D-Wandlung noch horizontale und vertikale Austastlücken ohne Bildinhalt. In diesen Bereichen ist Raum für andere Daten. Während sich die vertikalen Austastlücke für die Übertragung von Timecode-Informationen eignen, können in den horizontalen Austastlücken nach jeder Bildzeile Audioinformationen eingefügt werden. Ein explizit für den Ton reservierter Datenbereich existiert allerdings nicht. Des Weiteren können ebenso steuer- oder programm-begleitende Daten eingeordnet sein.

Der Standard sieht für das SDI-Audiosignal bis zu vier Datenblöcke vor. In jedem dieser Datenblöcke sind vier Kanäle mit 20Bit-Auflösung enthalten. Dies entspricht zwei AES/EBU-Kanälen mit deren Zusatzdaten. Viele SDI-Komponenten verarbeiten lediglich den ersten dieser Datenblöcke und stellen damit nur vier Audiokanäle zur Verfügung.

1.5.4 MPEG

Die Moving Picture Coding Experts Group (MPEG) ist eine Arbeitsgruppe des technischen Komitees der ISO/IEC, welche seit 1988 neue Standards für die Übertragung und Speicherung von komprimierten Audio- und Videosignalen entwickelt.

MPEG1 wurde 1992 als Standard zur verlustbehafteten Video- und Audiodatenkompression eingeführt. Bei Bildsignalen konnte eine maximale Datenrate von 1,5 Mbit/s mit einer maximalen Bildgröße von 768x576 Bildpunkten welches Verb???. Die Audiokompression des MPEG-1 Verfahrens basiert auf psychoakustischen Erscheinungen, welche sich die Eigenschaften des menschlichen Gehörs zu Nutze machen. Bei der Datenkompression werden redundante und für das menschliche Gehör irrelevante Informationen aus dem Signal entfernt. Dadurch kann die Datenmenge erheblich verringert werden. Für Audiosignale gibt es drei verschiedene, in der Komplexität steigende Ebenen, die so genannten „Layer“, für Audiokodierung. Die Layer 1, 2 und 3 unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Datenraten, des Codieraufwandes und der damit verbunden Latenz. Audio-Layer 3, auch unter dem Name „MP3“ bekannt, ist derzeitig der am weitverbreiteste Standard für Musikdatenreduktion. Im digitalen Rundfunk (DAB, DVB) ist Layer 2 die meistgenutzte Basis der Audioübertragung und Speicherung.

MPEG-2

Die Einführung des MPEG-2 Standards ist die Weiterführung des MPEG1-Standards und bringt qualitative Verbesserungen im Bereich der Videokodierung mit sich. Es können Datenraten von bis zu 15 Mbit/s und bei höherer Farbauflösung bis zu 50 Mbit/s erzielt werden. Bildformate können vom Standard PAL Format 720 x 576 bis hin zur HD-Auflösung von 1920 x 1152 Bildpunkten realisiert werden.²⁸ Im Audibereich bietet MPEG-2 abwärtskompatibel zu MPEG1 drei Layer 1-3 mit einer zusätzlichen 5-Kanal-Surrounderweiterung. Wesentliche Neuerungen im Audibereich kamen erst nach der nachträglichen Standardisierung des „Advanced Audio Coding“ (AAC) im MPEG-2 Format. Allerdings ist AAC nicht mehr abwärtskompatibel zu MPG-1. „AAC bietet neben fortgeschrittenen Bearbeitungsoptionen und gesteigerter Codiereffizienz die Möglichkeit, bis zu 48 Kanäle und damit auch diskrete Surround-Signale zu codieren.“²⁹

²⁸ Vgl. Kopietz 2007, 20

²⁹ Vgl. Kopietz 2007,20

1.6 Drahtlose Tonübertragung

Die drahtlose Tonübertragung ist bei Veranstaltungen und in der Rundfunkproduktion nicht mehr wegzudenken. Um Audiosignale über große Entfernungen zu transportieren, kommen verschiedene Modulationsverfahren zum Einsatz. Dabei wird das ursprüngliche Audiomaterial in einen vielfach höheren Frequenzbereich verlagert. Bei der Modulation wird das Nutzsignal auf eine Trägerfrequenz „aufmoduliert“. Je nach Modulationsverfahren kann jeder Parameter der Trägerschwingung wie Frequenz, Amplitude oder Phase moduliert werden. Die vorrangig im Rundfunk verwendeten Modulationsverfahren sind Frequenzmodulation und Amplitudenmodulation.

Frequenzmodulation (FM)

Nach dem Prinzip der Frequenzmodulation arbeiten vor allem drahtlose Mikrofone und Mikroportanlagen sowie der UKW-Hörfunk. Bei der FM ändert sich die Trägerfrequenz in Abhängigkeit des zu übertragenden Nutzsignals. Die Information des Nutzsignals steckt somit in der Frequenz des Trägersignals. Die Amplitude des modulierten Signals bleibt bei diesem Modulationsverfahren gleich. Vorteilhaft durch die konstante Amplitude des Trägers ist eine konstant hohe Sendeleistung bei der Funkausstrahlung. Auch wenn die Amplitude des Trägers durch Störeinflüsse schwanken sollte, kann das Nutzsignal wieder zurück gewonnen werden, was bei der Phasenmodulation nicht der Fall ist. Weiterhin ermöglicht die Frequenzmodulation gegenüber der Amplitudenmodulation einen größeren Dynamikumfang bei der Übertragung.

Frequenzbereiche für Funkübertragung

Für eine drahtlose Audioübertragung werden elektromagnetische Wellen als Trägersignale genutzt. Diese Wellen werden auf unterschiedlichen Frequenzen vom Rundfunk, Mobilfunk und anderen Kommunikationsdiensten verwendet. Funksignale werden demzufolge nach Wellenlänge und Verwendung in unterschiedliche Frequenzbereiche aufgeteilt (Abb. 7). Amplitudenmodulation wird z.B. im terrestrischen Hörfunkfunk in den Frequenzbereichen Mittelwelle, Kurz- und Langwelle angewendet. Drahtlose Tonübertragung mit Funkmikrofonen, Funkrückstrecken oder Mikroportanlagen arbeiten mit Frequenzmodulation im UHF-Bereich.

Abbildung 7: Frequenzbereiche³⁰

Bezeichnung	Frequenzbereich	Wellenlänge	Anwendung
Low Frequency (LF)	bis 300 KHz	Im km-Bereich	Langwellenradio
Mid Frequency (MF)	300 KHz – 3 MHz	100 m bis 1 km	Mittelwellenradio
High Frequency (HF)	3 - 30 MHz	10 bis 100 m	Kurzwellenradio
Very High Frequency (VHF)	30 - 300 MHz	1 bis 10m	Richtfunk, UKW-Radio, drahtlose Mikrofone
Ultra High Frequency (UHF)	300 - 3000 MHz	10 cm bis 1m	Mobiltelefonie, terrestrisches digitales Fernsehen, drahtlose Mikrofone
Super High Frequency (SHF)	3 - 30 GHz	1 bis 10 cm	Radar, Satellitenkommunikation.

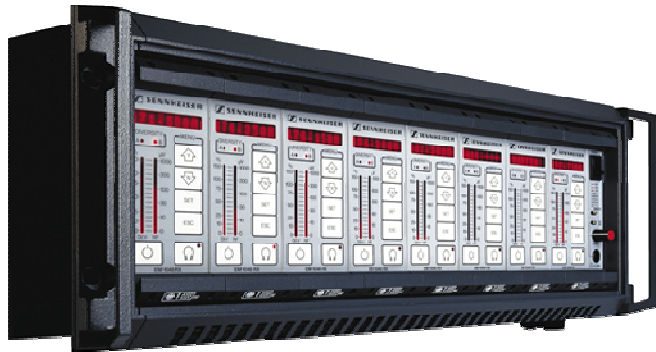
1.6.1 Mikroporttechnik

Der Begriff „Mikroport“ ist eine Produktbezeichnung von Sennheiser, welche inzwischen als Synonym für drahtlose Audioübertragung gilt. Bestandteile einer Mikroportanlage sind drahtlose Mikrofone bzw. Sender, eine dazugehörige Empfangsanlage sowie ein Antennensystem. Die Funkübertragung der Geräte wird mit Frequenzmodulation (FM) realisiert.

Mikroportempfänger sind Funkempfänger und besitzen in der Regel mehrere Empfangseinheiten, welche auf verschiedenen Frequenzen empfangen können. Die einzelnen Empfangseinheiten können als modulares, eigenständiges Empfangssystem betrachtet werden. So können beispielsweise bei einem 8-Kanal-Funkempfänger insgesamt acht separate Signale über acht Sender mit verschiedenen Sendefrequenzen übertragen bzw. empfangen werden.

³⁰ Vgl. Smyrek 2009,216

Abbildung 8: 8-Kanal Mikrofonempfänger Sennheiser EM1046³¹



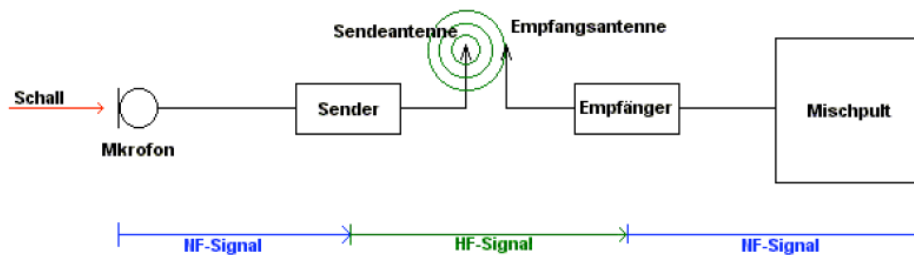
Signalweg einer UHF-Mikroportanlage

Der Schall wird durch das Mikrofon in ein elektrisches niederfrequentes Signal (NF-Signal) umgewandelt. Der Mikroport-Sender wandelt das NF-Signal über Frequenzmodulation in ein hochfrequentes Signal (HF-Signal) und strahlt dieses über die Sendeantenne ab. Per Empfangsantenne gelangt das HF-Signal in den Mikroport-Empfänger, der durch Demodulation wieder ein NF-Tonsignal erzeugt, welches via Kabel zum Mischpult geleitet wird. Sender und Empfänger müssen dabei auf eine gleiche Trägerfrequenz abgestimmt sein. Wenn mehrere Audiosignale übertragen werden sollen, müssen mehrere unterschiedliche Trägerfrequenzen genutzt werden.³²

³¹ Quelle: www.sennheiser.de

³² Smyrek 2009,217

Abbildung 9: Signalweg einer UHF-Mikroportanlage³³



1.6.2 Hand und Taschensender

Innerhalb der Mikroporttechnik kommen zwei verschiedene Arten von Mikrofonen bzw. Sendern zum Einsatz, entweder Handmikrofone mit integriertem Sender oder Miniaturmikrofone, die an Taschensender angeschlossen sind. Bei Handsendern sind Mikrofon und Antenne in einem Gerät integriert. Die bevorzugte Anwendung ist die Übertragung von Sprache und Gesang (Abb. 10). Bei Taschensendern wird das Mikrofon und die Antenne über Anschlussbuchsen an einen Taschensender angeschlossen. Vorteil hierbei ist, dass kleine Miniaturmikrofone kaum sichtbar sind und die Akteure eine größere Bewegungsfreiheit besitzen. Taschen- und Handsender besitzen je nach Hersteller verschiedene umschaltbare Sendefrequenzen.

Abbildung 10: Handsender Sennheiser SKM 5000³⁴



³³ Quelle: Sennheiser Revue 2002

³⁴ Quelle: <http://www.taiaudio.com/catalog/images/skm5000.jpeg>

Bei der Funkübertragung im UHF-Bereich wird zwischen Breitband- und Schmalbandtechnik unterschieden. Bei der Breitbandtechnik sollten die Kanäle bzw. die einzelnen Trägerfrequenzen einen Mindestabstand von 300 KHz haben, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Durch diese große Frequenzbandbreite lassen sich nur wenige Kanäle in einen festgelegten Frequenzbereich unterbringen. Anwendung findet die Breitbandtechnik bei der Übertragung von Sprache und Audiosignalen in Studioqualität. Die Schmalbandtechnik hingegen besitzt einen geringen Kanalabstand von 40 KHz. Folglich können in einem festgelegten Frequenzbereich mehrere Kanäle untergebracht werden. Allerdings ist die Audioqualität bzw. der Frequenzumfang des zu übertragenden Signals auf 30 Hz bis 12 KHz beschränkt. Aus diesem Grund fällt der Anwendungsbereich der Schmalbandtechnik auf die Übertragung von Sprache in Kommunikationskontexten.³⁵

Frequenzplanung

Bei mehrkanaligen Mikroportanlagen ist darauf zu achten, dass es bei aufeinander abgestimmten Sendefrequenzen möglicherweise zu Intermodulationsstörungen kommen kann. Intermodulationsprodukte sind unerwünschte Signalanteile, die bei der Modulation von Audiosignalen entstehen und zu Übertragungsstörungen führen können. Intermodulation tritt sowohl in Sendern als auch in Empfängern auf. Sendefrequenzen mit hohen Frequenzpegeln bilden dabei ein Gemisch aus nichtlinearen Verzerrungen. Dadurch entstehen neue Summen- und Differenzfrequenzen, die unter Umständen direkt in andere Empfangssignale fallen können. Im Umgang mit Taschen- oder Handsender ist besonders zu beachten, dass wenn sich zwei Sendeantennen bis auf wenige Zentimeter nähern, Intermodulationsstörungen auftreten können.³⁶

Diversity Verfahren

Das Hauptproblem von Empfangsanlagen sind Interferenzen von Funkwellen. Wenn eine Funkwelle reflektiert wird, empfängt die Antenne nicht nur das vom Sender ausgestrahlte Funksignal, sondern auch reflektierte Signale. Wenn ein direktes und ein reflektiertes Signal mit gleichem Pegel aber entgegen gesetzter Phase an der Empfangsantenne eintreffen, kann es zu einer Überhöhung oder zu einer Abschwächung des Hochfrequenzpegels kommen. Eine Abschwächung bis hin zur Auslöschung hat mögliche Funk-

³⁵ Vgl. Smyrek 2009,218

³⁶ Vgl. Smyrek 2009,219, Mücher 2008,255

löcher und Ton-Aussetzer am Empfangsgerät zur Folge. Um diese Interferenzprobleme zu minimieren, werden Funkempfänger mit Diversity-Technik eingesetzt. Beim Diversity-Verfahren werden mindestens zwei Antennen an verschiedenen Positionen zum Empfang des Signals herangezogen. Es gibt hierbei passive und aktive Diversity-Techniken. Bei aktiven Systemen, auch „True-Diversity“ genannt werden zwei separate Empfangssysteme mit folglich zwei Antennen in einem Empfänger verwendet. Die beiden Empfangsantennen sind so positioniert, dass immer eine Antenne über bessere Empfangsverhältnisse verfügt. Es findet eine ständige, nicht hörbare Umschaltung zwischen den beiden Empfangssystemen statt, wobei stets das empfangsstärkere Signal auf den Audioausgang geschaltet wird. Passive Systeme arbeiten mit einem Empfangssystem, welches von mehreren Antennen gespeist wird.³⁷

1.6.3 Sendefrequenzen und Regulierung

Eine bestimmte Frequenz kann am gleichen Ort zur gleichen Zeit nur von jeweils einem Sender störungsfrei belegt werden. Aus diesem Grund gibt es in Deutschland gesetzliche Vorgaben für die Nutzung von Frequenzen, welche im Telekommunikationsgesetz festgelegt sind. Für jede Nutzung einer Frequenz bedarf es einer Zuteilung durch eine Regulierungsbehörde, um mögliche Konflikte zwischen unterschiedlichen Anbietern und Produktionsstätten zu vermeiden. In Deutschland erfolgt die Frequenzzuteilung durch die Bundesnetzagentur. Die Frequenznutzung ist in Form einer Einzel- oder Allgemeinzuweisung möglich. Genehmigungs- und zuweisungspflichtige VHF- und UHF-Bereiche für drahtlose Mikrofone liegen in den Kanälen der terrestrischen Fernsehübertragung. Funkmikrofone im VHF-Bereich arbeiten zwischen 174 und 230 MHz und entsprechen den Fernsehkanälen 5 bis 11. Funkmikrofone, welche im UHF-Bereich von 470 bis 790 MHz arbeiten, sind gleich den Fernsehkanälen 21 bis 37 und 39 bis 60. Die UHF-Bereiche von 790 bis 814 MHz und 838 bis 863 MHz sind allgemein zugeteilt bzw. freigegeben und können für professionelle Nutzung anmeldefrei betrieben werden. Diese Frequenzbereiche sind jedoch bestimmten Nutzergruppen und Bedarfsträgern zugeteilt. Die Einteilung der Nutzergruppen geschieht durch die Bundesnetzagentur Vfg. 91/2005 und ist wie folgt eingeteilt und bis 31.12.2015 gültig:³⁸

³⁷ Smyrek 2009, 229f

³⁸ Vgl. Bundesnetzagentur Vfg. 91/2005 gültig bis 31.12.2015

- Nutzergruppe a) und b): Öffentlich-rechtliche Rundfunkanstalten, private Rundfunk-Programmanbieter und Programmproduzenten.
- Nutzergruppe c): Sonstige professionelle Veranstalter, z.B. Bühnen aller Art (auch Wanderbühnen) oder "Dienstleister der Veranstaltungstechnik", bei denen die Frequenznutzung durch Dritte im Beisein der professionellen Veranstalter erfolgt.
- Nutzergruppe d): Weitere professionelle Anwender, welche die Frequenzen in eigener Verantwortung nutzen und ihre Mikrofone an verschiedenen Orten zum Einsatz bringen.
- Nutzergruppe e): Ausschließlich innerhalb geschlossener Räume für Schauspielhäuser, Theater, Produktionsstudios, Kongresszentren, Messen, Mehrzweckhallen / Stadthallen der Kreise, Städte und Gemeinden.
- Nutzergruppe f): Regie- und Kommandofunk als sog. "breitbandiger Rückkanal" zur einseitigen Übertragung von Regie- und Kommandosignalen sowie für das sogenannte "In-Ear-Monitoring" (am Ohr getragener Kleinstempfänger für Live-Ton, Regieanweisungen und/oder Ähnliches) bei Veranstaltungen sowie bei Rundfunk- und Bühnenproduktionen.

Für den UHF-Bereich von 863 bis 865 MHz und 1795 bis 1800 MHz steht eine freie Frequenznutzung bzw. Allgemeinzuteilung für drahtlose Mikrofone zur Verfügung ohne jegliche Nutzergruppenzuordnung. Die Anwender sind an keinen bestimmten Standard gebunden, dürfen jedoch eine bestimmte Strahlungsleistung und Bandbreite nicht überschreiten. Der UHF-Bereich von 2400 bis 2483,50 MHz ist der Allgemeinheit unter anderem zur Nutzung durch Funkanwendungen mit geringer Reichweite zugeteilt. Darunter fallen auch drahtlose Mikrofone. Mittlerweile werden diese Frequenzen hauptsächlich für Wireless-LAN verwendet³⁹.

1.6.4 Drahtlostechnik und DVB-T

Durch die flächendeckende Einführung von DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) in Deutschland wurde die Umstellung vom analogen auf

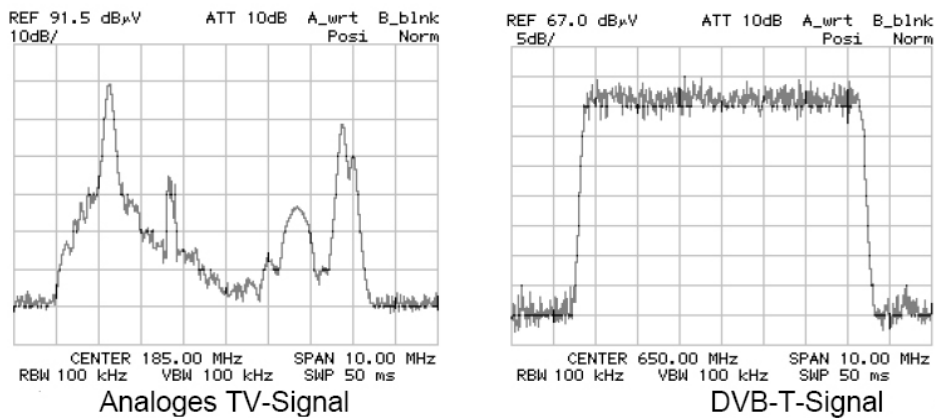
³⁹ Vgl. Smyrek 2009,217, Vgl. Bundesnetzagentur 07/2006, Vgl. Bundesnetzagentur 18/2006, Vgl. Bundesnetzagentur 89/2003

das digitale Antennenfernsehen 2008 vollzogen. DVB-T wurde erstmals 2003 in Berlin-Potsdam eingeführt. „Innerhalb des Umstellungszeitraumes wurden schrittweise ca. 600 analoge TV-Sender der öffentlich-rechtlichen und privaten Programmanbieter und mehr als 8700 Füllsender abgeschaltet. Im Gegenzug wurden 448 DVB-T-Sender in Betrieb genommen.“⁴⁰

Die Einführung von DVB-T hat jedoch erheblichen Einfluss auf den Produktionsbetrieb und führt zu einer grundlegenden Veränderung der Situation für den Einsatz von Drahtlostechnik. In diesem Zusammenhang steht der Begriff „Drahtlostechnik“ für alle Komponenten der drahtlosen Audioübertragung wie Funkmikrofone, Taschensender, Empfänger etc. Wie bereits erwähnt arbeiten Drahtlosmikrofone in demselben Frequenzbereich wie TV-Sender. Im analogen terrestrischen Fernsehen war genügend Frequenzbandbreite vorhanden, um drahtlose Mikrofone etc. unterzubringen, da ein analoges TV-Signal nur 7 MHz des insgesamt 8 MHz-breiten TV-Kanals benötigt. Das verbleibende Restspektrum von 1 MHz konnte demzufolge effizient für den Einsatz von Drahtlostechnik genutzt werden. Anders ist es bei digitalen TV-Signalen, welche mit 7,61 MHz einen TV-Kanal fast komplett ausfüllen und nahezu keinen Platz mehr für den Betrieb drahtloser Mikrofone bieten. Die Zahl der nutzbaren Kanäle und Frequenzen für breitbandige Drahtlosanwendungen zwischen 550 und 880 Hz verringerte sich damit sehr deutlich. Abb. 11 zeigt die unterschiedlichen Signalbandbreiten von analogen und digitalen TV-Signalen. Hinzu kommt, dass Fernsehkanäle, welche früher nicht belegt waren, heute für DVB-T freigegeben sind. Vor allem bei der mobilen Außenübertragung in Ballungszentren muss stets darauf geachtet werden, dass die Frequenzbereiche der eingesetzten Drahtlosmikrofone nicht von DVB-T-Signalen gestört werden. So kann es z.B. sein, dass Drahtlosmikrofone und Empfänger, welche auf dem TV-Kanal 56 senden (750-785 MHz), in Berlin nicht eingesetzt werden können, weil dort DVB-T ebenfalls auf diesem Kanal sendet.

⁴⁰ Task Force DVB-T Deutschland, 2008

Abbildung 11: Analoges und digitales TV-Signal⁴¹



Die Auswirkungen von DVB-T auf die Nutzung von Drahtlosmikrofonen sind vor allem ein Frequenzmangel und die Notwendigkeit einer überarbeiteten Frequenzzuteilung. Des Weiteren gilt es, sich durch neue technische Entwicklungen der Hersteller an die gegebene Situation anzupassen. So geht der Trend immer mehr zu einer größeren Schaltbandbreite (Frequenzbereich, in dem sich die Sende- oder Empfangsfrequenz einstellen lässt) der Geräte, um eine möglichst große Anzahl einstellbarer Frequenzen abzudecken.

⁴¹ Quelle: modifiziert DVB-T Leitfaden Mai 2009

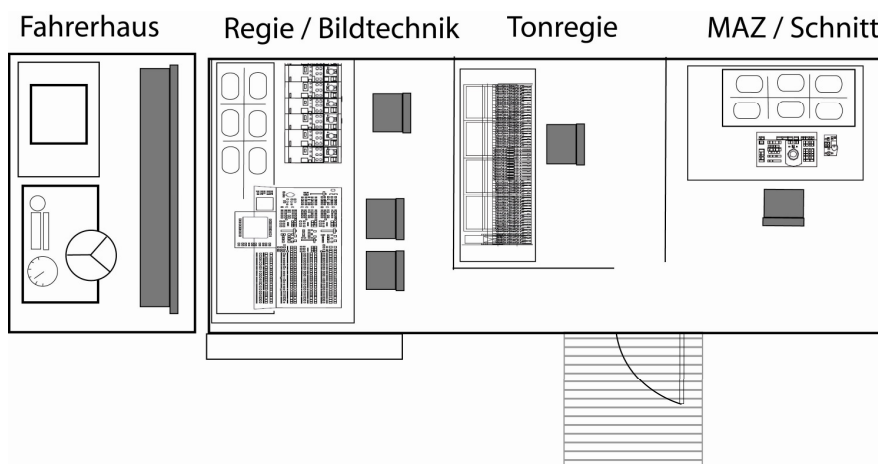
2. Übertragungswagen und Arbeitsbereiche

2.1. Interne Arbeitsbereiche

Ein Übertragungswagen ist ein mit der Video- und Audiotechnik einer Rundfunk- oder Fernsehregie ausgestattetes Fahrzeug. Er wird größtenteils für Live-Berichterstattungen genutzt. Ein Übertragungswagen für Fernsehübertragungen enthält, wie auf Abb.12 zu sehen ist, die Arbeitsbereiche Regie, Bildtechnik, Tonregie sowie einen MAZ- bzw. Schnittplatz.

Kameras, Stative, Kabel, Monitore, Mikrofone und jegliches Zubehör, welches im Übertragungswagen nicht untergebracht werden kann, wird mit einem separaten Rüstwagen transportiert. Der Begriff „Ü-Wagen“ umfasst im Allgemeinen immer den Übertragungswagen und Rüstwagen als Einheit.

Abbildung 12: Arbeitsbereiche im Übertragungswagen⁴²



2.1.1 Ü-Wagenleiter/Technischer Leiter:

Der Ü-Wagenleiter respektive Technische Leiter koordiniert alle technischen Angelegenheiten innerhalb und außerhalb des Ü-Wagens. Er ist für die Technik beim Produktionsablauf sowie für Problemlösungen verantwortlich. Sämtliche Monitore werden mit den entsprechenden Signalen eingespeist und das Mischpult des Regisseurs wird mit den zu verwendenden Bildsignalen belegt. Von seinem Platz aus kann der Ü-Wagenleiter alle Vi-

⁴² Eigendarstellung

deowege sowie einen Großteil der technischen Details wie Synchronisation, A/D Wandlung, Verstärkung etc. beobachten und auf diese zugreifen⁴³.

2.1.2 Bildregie:

Das Zentrum der Bildproduktion bildet die Regie. Dort laufen alle am Sendebild beteiligten Signale zusammen. In der Bildregie befinden sich die meisten Monitore, da jedes Signal vorgeschaut und beurteilt werden muss. Der Regisseur ist für die bildliche Umsetzung und Gestaltung der Sendung zuständig. Seine Hauptaufgabe ist das Mischen der vorhandenen Kamerabilder für das Programmsignal. Es werden jedoch nicht nur ausschließlich Kamerabilder gemischt, sondern ebenso MAZ-Zuspielungen, Grafikeinblendungen und Zeitlupen. Hierzu steht der Regisseur in ständigem Kontakt mit den Kameralenten, dem Bildmischer und „Slomo-Operatoren“. Er gibt ihnen Anweisungen bezüglich der gewünschten Bildausschnitte oder Motive. Darüber hinaus legt er fest, zu welchem Zeitpunkt welche Kamera als nächstes geschnitten wird.

Weiterhin sitzt neben dem Regisseur der Bildmischer, der sich für die Bedienung des Bildmischpultes verantwortlich zeichnet. Er muss auf den Punkt agieren und nach den Anweisungen des Regisseurs eine Überblendung von zwei oder drei Kamerabildern erfüllen, eine Zeitlupenwiederholung, eine Grafik oder einen erläuternden Untertitel einblenden.

2.1.3 Bildtechnik:

Eine wichtige Funktion der Bildtechnik ist die ausgelagerte Steuerung der Kameraparameter. So können Bildtechniker Farb- und Helligkeitskorrekturen und das gesamte „matching“ der Kameras vom Übertragungswagen aus steuern.⁴⁴ Des Weiteren übernehmen die Bildtechniker den gesamten Aufbau und das Einrichten der Kameras, externer Monitore etc. am Produktionsort.

2.1.4 Tonregie:

In der Tonregie findet die Tonmischung mit Hilfe eines Tonmischpultes statt. Neben der Abmischung des Tons gehört primär auch das Einrichten, Planen und Konfigurieren der Kommunikation mit den relevanten Produktionsstellen zu den Aufgaben eines Toningenieurs.⁴⁵ Die Tonregie ist wie ein komplettes eigenständiges Tonstudio aufgebaut. Herzstück ist das Misch-

⁴³ Vgl. Kirsch S.106

⁴⁴ Vgl. <http://www.regie.de/berufsbilder/bildmischung.php> 25.11.2009

⁴⁵ Vgl. Mücher 2008, 409

pult, wo alle Audiosignale zusammengeführt und abgemischt werden. Weiterhin gibt es eine Vielzahl von Effektgeräten und Dynamikprozessoren, Limiter, Kreuzschienen, Zuspil- und Aufzeichnungssysteme, Führungs- und Kommandoanlagen.

2.1.5 MAZ/Schnitt:

Am MAZ- bzw. Schnittplatz befinden sich MAZ-Maschinen, MAV-Recorder und DVD-Recorder mit allen Funktionen zur Aufzeichnung und Wiedergabe analoger und digitaler Audio- und Videosignale. Dort wird das Bildmaterial aufgezeichnet und für die Weiterverarbeitung für Kurzbeiträge oder Ähnliches geschnitten.

2.2 SNG

SNG (Satellite News Gathering) ist ein Fahrzeug ausgerüstet mit Technik für eine digitale Satellitenübertragung (Abb.13). Die Satellitenübertragung wird für aktuelle Berichterstattung und ortsunabhängige Informationsgewinnung verwendet. Ein mobiles Produktionsteam oder ein Übertragungswagen produziert an einem beliebigen Ort und sendet entweder live oder geschnittenes Material über Satellit zum Funkhaus.⁴⁶

Die Video- und Audiosignale werden vom Übertragungswagen aus in der Regel über eine SDI-Schnittstelle an die SNG weitergeleitet. Es kann auch eine getrennte Bild-Ton-Übertragung auf analogem oder digitalem Weg vom Übertragungswagen zur SNG realisiert werden. In der SNG wird das AV-Signal zunächst über einen Encoder in ein MPEG-2 Format umgewandelt und anschließend per Modulator auf eine höhere Trägerfrequenz moduliert. Über einen Aufwärtswandler wird das vom Modulator abgegebene UHF-Signal auf die endgültige Sendefrequenz zwischen 12 - 15 GHz konvertiert. Anschließend wird das Signal durch einen Sendeverstärker (HPA) verstärkt und via Parabolantenne zum Satelliten abgestrahlt. Die Verbindung vom Sender auf der Erde zum Satelliten bezeichnet man auch als Uplink, die vom Satelliten zur Bodenstation als Downlink. Der Nachteil der Satellitenübertragung sind die langen Verzögerungszeiten, welche durch die langen Übertragungsstrecken entstehen.⁴⁷

⁴⁶ Vgl. <http://www.movie-college.de/filmschule/medien/sng.htm>, 10.10.2009

⁴⁷ Vgl. <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Satellitenuebertragung-satellite-transmission-system.html> 01.12.2009

Abbildung 13: SNG-Fahrzeug D-SNG3⁴⁸



2.3 Slomotion / EVS

Für die Herstellung von Zeitlupen (Slomotion) werden spezielle technische Systeme benutzt. Zeitlupen werden unter anderem für die Wiederholung von einem geschossenem Tor oder Torchancen bei einer Fußballübertragung eingesetzt. Dabei wird das laufende Programm auf Festplattenrecordern aufgenommen und die wichtigen Passagen im richtigen Moment verlangsamt wiedergegeben. Oft werden die Bilder mehrerer Kameras aufgezeichnet.⁴⁹ Die dafür notwendige Technik kann je nach Größe des Übertragungswagens auch in einem separaten Fahrzeug installiert sein. Einer der führenden Hersteller für entsprechende Zeitlupensysteme ist die Firma EVS.

⁴⁸ Quelle: Media Mobil GmbH

⁴⁹ Vgl. Mücher 2008

3. Technische Ausstattung

3.1 Anschlussmöglichkeiten

Abbildung 14: Externes Anschlussfeld und Kabeltagen



Das externe Steckfeld des Übertragungswagens ist die Schnittstelle zwischen dem internen und externen Signaltransfer. Durch Querverbindung zu den inneren Bereichen und Geräte können Signale am Steckfeld verteilt und verschiedenen Zielen zugeordnet werden. Weiterhin bietet das Steckfeld eine Vielzahl digitaler und analoger Ein- und Ausgänge, für Audio- und Videosignale, zum Anschließen von Videomonitoren sowie für Multicore- und Vier-Drahtverbindungen. Die Sendausgänge werden bei einer Satellitenübertragung ebenfalls am externen Steckfeld von der SNG abgegriffen. Des Weiteren existieren Anschlussmöglichkeiten für externe Sprechstellen, Funkantennen und ISDN-Verbindungen.

Am Heck des Übertragungswagens befinden sich Kabeltrommeln mit Triaxial Kamerakabel für die Anbindung der Steuereinheiten (CCUs) an die Kameras. Für die Audioübertragung ist eine Glasfaserleitung zur Anbindung der externen Stagebox im digitalen Übertragungsformat installiert.

3.2 Kommunikation

Wie bereits erwähnt ist die Kommunikation eines der Basisbestandteile im Aufgabenbereich des Toningenieurs, um eine Ü-Wagen-Produktion durchführen zu können. Alle Gewerke müssen während und vor Produktionsbeginn in der Lage sein, über weite Strecken hinweg miteinander zu kommunizieren. Deutlich wird dies am Aufwand und Komplexität des Kommunikationssystems.

3.2.1 Kommandoanlage

Eine Kommandoanlage ist ein sehr komplexes System zum Herstellen von Sprechverbindungen und der Verteilung verschiedener Audiosignale innerhalb eines Produktionskomplexes, z.B. zwischen der Bildregie, der Tonregie, der Bildtechnik, den Kameralenten, der Aufnahmeleitung und den Moderatoren. Einige Teilnehmer, wie z.B. die Tonregie, können in die Bildregie zurücksprechen. Andere, wie z.B. Kameralente oder Aufnahmeleiter, sind dazu nur eingeschränkt in der Lage. Bestimmte Teilnehmer der Kommandoanlage werden aus der Regie per Knopfdruck angesprochen, andere hören ständig mit. Eine Kommandoanlage verwaltet die Zuordnungen und die damit verbundenen Berechtigungen und stellt das Herzstück der Kommunikation innerhalb eines Produktionskomplexes dar.⁵⁰

In einer Kommandoanlage können verschiedene Funktionalitäten vereint und konfiguriert werden. Es kann eine einseitige Sprechverbindung hergestellt werden, bei dem der Angesprochene nur hören aber nicht antworten kann. Es gibt die Funktion einer Gegensprechanlage für gleichzeitiges Hören und Sprechen oder die Form einer Wechselsprechanlage, in der nur eine Richtung für die wechselseitige Verständigung aktiv sein kann.⁵¹ An Kommandoanlagen können verschiedene externe Geräte, wie z.B. Funkinterfaces, Mischpulte, Kreuzschienen, Sprechstellen, entweder über analoge oder digitale Schnittstellen angebunden sein.

Die Kommunikationsplattform im Übertragungswagen R2 ist die „Artist 64“, ein System der Firma Riedel. Die Riedel Communications GmbH & Co. KG ist ein international führendes Unternehmen für die Herstellung von Intercom- & Funktechnik. Das 1987 gegründete Unternehmen gehört nach eigenen Aussagen zu den Entwicklungspionieren digitaler Audiomatrix-Systeme und ist weltweiter Technologieführer in der Systemvernetzung

⁵⁰ Vgl. Mücher

⁵¹ Vgl. Dickreiter 2008,930

mittels Lichtwellenleiter. Riedel stattete unter anderem sämtliche Sportstätten bei den Olympischen Sommerspielen in Peking 2008 aus.⁵²

„Artist 64 ist eine leistungsfähige Matrixplattform für den Einsatz als Intercommatrix sowie zur Übertragung analoger und digitaler Audio- und TCP/IP Daten. Das System besteht aus dezentral verteilten Einheiten und bildet über redundante Lichtwellenleiter-Verbindungen eine dezentral aufgebaute Matrix-Infrastruktur für Live-Audio und Intercomanwendungen.“⁵³

Der Grundbaustein der Matrixplattform besteht aus dem sogenannten Mainframe. Mainframes lassen sich über Einschubkarten, den „Client Cards“, je nach Anforderung modular bestücken. Im Mainframe der „Artist 64“ Reihe (Abb. 15) können insgesamt acht Client Cards installiert werden. Jede Client Card ist mit weiteren acht Ports ausgestattet.⁵⁴ Je nach Clientkartentyp können den Anforderungen entsprechende schnittstellenspezifische Geräte und Interfaces angeschlossen werden. Diese können unter anderem Sprechstellen, Kreuzschienen, digitale Mischpulte und ISDN-Codecs sein. Das komplette System wird über die Software „Director“ konfiguriert und ferngesteuert.

Abbildung 15: Riedel Artist 64 Mainframe⁵⁵



⁵² Vgl. Riedel Broschüre 2009

⁵³ Riedel Communications GMBH 2009

⁵⁴ Vgl. Riedel Broschüre 2009

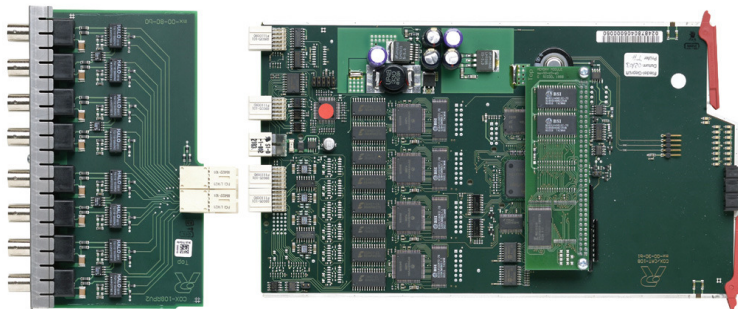
⁵⁵ Quelle: www.riedel.net

Client Cards

Es gibt gegenwärtig acht verschiedene Client Cards im Sortiment der Firma Riedel. Im Übertragungswagen R2 wurden die folgenden Client Cards unter Berücksichtigung der zu realisierenden Produktionen installiert: Zum Anschließen von digitalen Sprechstellen wurden zwei „COX-108 G2“ Client Cards, welche in Abbildung 16 dargestellt sind, installiert. Diese verfügen über jeweils acht BNC Anschlüsse für 75 Ohm Coaxialleitungen. Somit kann der Anschluss von insgesamt 16 Sprechstellen realisiert werden. Des Weiteren sind drei analoge Client Cards „AIO-108 G2“ im Mainframe installiert. Jede Karte verfügt über acht analoge „4-Draht Intercom Ports“ zum Anschluss von 4-Draht-Leitungen und externen Geräten wie Funk-Basistationen, analogen Sprechstellen oder Audioein- und Ausgänge von Kamerasteuereinheiten (CCUs).

Für die Anbindung im MADI-Format gibt es zwei MADI-198 G2 Client Cards mit Coax- und optischen Anschlüssen. Jede Karte verfügt über acht Audioein- und Ausgangskanäle, um das Matrixsystem mit anderen Geräten über eine Madischnittstelle zu verbinden. Im Übertragungswagen R2 ist ein digitales Mischpult über eine MADI-Schnittstelle mit der Kommandoanlage verbunden.

Abbildung 16: Client Card COX-108 G2⁵⁶



Sprechstellen

Es gibt digitale und analoge Sprechstellen. Im Rahmen dieser Arbeit werden unter dem Begriff „Sprechstelle“ ausschließlich digitale Sprechstellen

⁵⁶ Quelle: www.Riedel.net

der Firma Riedel subsumiert. Analoge Sprechstellen werden im weiteren Verlauf als solche explizit benannt.

Sprechstellen können als 19-Zoll-Module oder als Tischsprechstellen an den relevanten Kommunikationsplätzen aufgebaut werden. Sie verfügen über Mikrofon, Lautsprecher und Anschlussmöglichkeiten für ein Headset. Die Sprech Tasten dienen der Zielerwahl und können mit einer Vielzahl von weiteren Funktionen belegt werden. Es besteht die Möglichkeit, jede Sprechstelle innerhalb der Matrix zu verbinden und somit ein flexibles, den individuellen Anforderungen angepasstes Kommunikations- und Audio-Netzwerk herzustellen. Alle Audiosignale werden im AES/EBU-Format übertragen. Dieses hat den Vorteil, dass die Sprechstellen nicht nur für Kommunikationszwecke benutzt werden können, sondern ebenso bei Anwendungen mit hoher Audioqualität, wie Vertonung, Live-Kommentare etc., ihren Einsatz finden. Ein weiterer Vorteil der digitalen Sprechstellen ist eine Vielzahl von Konfigurationsmöglichkeiten der Tastenfunktionen. Ein Beispiel für eine Sprechstelle stellt die Abbildung 17 dar.

Abbildung 17: Sprechstelle RCP 1012E⁵⁷



Software

Mit der Konfigurationssoftware „Director“ (Abb. 18) lässt sich das gesamte System vorkonfigurieren und einrichten. Sprechstellenkonfigurationen können per „drag & drop“ erstellt werden und tragen zu einer schnellen Programmierung neuer Konfigurationen bei. In der Software werden alle Ports des Mainframes eingerichtet und den entsprechenden Client Cards, Sprechstellen und Interfaces zugewiesen. Mit der Software kann der Echtzeitstatus des Systems wiedergegeben und somit eine Überwachung- und Kontrollfunktion übernommen werden. Sämtliche Routing Einstellungen können als Setups abgespeichert werden.⁵⁸

⁵⁷ Quelle: www.riedel.net

⁵⁸ Riedel Artist Brochüre 2009

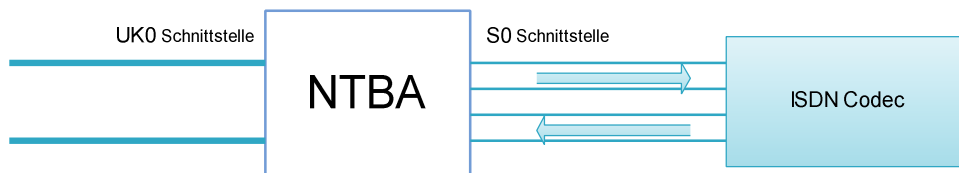


—

60

digkeit von 64 kBit/s übertragen. Werden zwei B-Kanäle gebündelt, kann über den S0-Bus eine Datenrate von bis 128 kBit/s erzielt werden. Der D-Kanal wird benötigt, um Informationsdaten über Teilnehmer und Rufnummer zu übertragen.

Abbildung 19: ISDN – Basis Anschluss



Es gibt verschiedene Hersteller von ISDN Codecs. Im Übertragungswagen „R2“ sind zwei „Mayah Centauri 3001“ und ein „YouCom StudioSet“ eingebaut. Bei der mobilen TV-Produktion mit Übertragungswagen werden ISDN-Codecs überwiegend für Kommunikations- und Kommandoverbindungen mit der Sendeanstalt und der Übertragung von „N-1“ Tonmischungen genutzt.

N-1 ist eine separate Tonmischung und wird vom eigentlichen Sendeton getrennt gemischt. „N“ steht für den Programm oder Sendeton. „-1“ bedeutet „ohne Moderator“ oder die Person, für die das Signal bestimmt ist. Das folgende Beispiel soll dem besseren Verständnis dienen: In einem Fernsehstudio befindet sich ein Moderator, welcher live über eine Satellitenverbindung mit einem Reporter an einem anderen Ort korrespondiert. Der Reporter hat dabei einen N-1-Ton auf seinem In-Ear-Kopfhörer. Er hört die Fragen des Moderators und alles, was im Studio passiert (N), kann sich selbst aber nicht hören (-1), da durch die Zeitverzögerung der Satellitenübertragung unerwünschte, irritierende „Echoeffekte“ entstehen würden.

3.2.3 Funkübertragungssysteme

Der Einsatz von Funkübertragungssystemen ist besonders für eine flexible und ortsunabhängige Signalführung an der Produktionsstätte geeignet. Aufnahmeleitung, Techniker, Moderatoren und Field-Reporter müssen sich frei bewegen können und trotzdem im Kommunikations- und Audionetzwerk integriert sein. Dieses ist mit aufwendiger Kabelführung äußerst unvorteilhaft. Die Audiosignale müssen aus diesem Grund per Funk übertragen werden. Bestandteil von Funkübertragungssystemen sind alle Geräte, welche eine drahtlose Audioübertragung über Frequenzmodulation ermög-

lichen. Dazu gehören Mikroportempfänger, Drahtlosmikrofone, Taschen-sender- und Empfänger, Funkrückstrecken und im Allgemeinen alle Geräte, welche elektromagnetische Wellen senden und empfangen. Zu beachten ist die Auswahl der Frequenzen und Kanäle für die verschiedenen Funkstrecken am Produktionsort, um eventuelle Störungen durch Interferenzen zu vermeiden.

Für die Anbindung an die Kommandoanlage befindet sich im Übertragungswagen das „RiFace“ von Riedel, ein universell einsetzbares Funkinterface zur Verbindung drahtgebundener Kommunikationsanlagen mit Funksystemen. Das Gerät verfügt über zwei eigenständige Funkgeräte, welche im Semiduplex-Betrieb jeweils als Sender oder Empfänger konfiguriert werden können. Ein weiteres „Riface“ kann bei Bedarf als zusätzliche Ausbauvariante an einem variablen Standort eingesetzt werden.⁶¹ Als Handfunkgeräte stehen standardmäßig vier Motorola GP344 zur Verfügung. Neben dem „Riface“ ist im Ü-Wagen noch eine Funkrückstrecke „Sennheiser SR 22“ installiert. Als Rückstrecke bezeichnet man einen Funksender, der Audio- und Kommandosignale zum Reporter und zu den Moderatoren überträgt. Die Moderatoren tragen zum Empfangen der Rückstrecke einen kleinen Taschenempfänger mit einem In-Ear-Kopfhörer. Als zusätzliche externe Rückstrecke steht ein Funksender „SR 3056“ zur Verfügung.

3.3 Audiotechnik

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich ausschließlich mit den eingesetzten Arbeitsmitteln und Gerätschaften, welche in der Signalkette zwischen Schallquelle und dem fertig abgemischten Sendeton zum Einsatz kommen. Hierbei wird im Folgenden auf den Grundaufbau und Funktion von Mikrofonen, Mischpulten und weiteren Geräten zur Klangbearbeitung eingegangen, welche zur technischen Ausstattung des Übertragungswagens „R2“ gehören.

3.3.1 Mischpult

Das Herzstück in der Tonregie eines Übertragungswagens ist das Mischpult. Es dient der Summierung von Audiosignalen und verbindet eine Vielzahl von Audioeingängen mit Audioausgängen. Zwischen den Ein- und Ausgängen liegen Funktionsgruppen zur Bearbeitung des Signals. Weitere Funktionsgruppen werden extern angeschlossen. Ein Mischpult muss also an verschiedenen Punkten im Signalweg Einschleifpunkte und Ausspielwe-

⁶¹Vgl. Riedel Artist Broschüre 2009

ge besitzen. Zu den Aufgaben eines Mischpultes zählen Signalverteilung, Signalüberwachung und Signalbearbeitung.⁶² Im Detail beinhalten diese die Verstärkung und Anpassung von Signalen verschiedener Quellen, insbesondere der Mikrofonverstärkung, die Gestaltung von Klang und Balance mit Hilfe von Filtern, Pegelstellern und Dynamikprozessoren. Des Weiteren werden die Signale zwischen den angeschlossenen Geräten verteilt. Letztendlich wird über das Mischpult die Mischung der verschiedenen Audioquellen und Signale auf das sendefähige Zielformat (z.B. Mono, Stereo oder Surround) vorgenommen.⁶³ Zur Überwachung von akustischen und technischen Größen während der Produktion gibt es im Mischpult verschiedene optische Anzeigen.

Im Übertragungswagen ist das digitale Mischpult „Vista 5“ von Studer eingebaut. „Vista 5“ ist ein kompaktes Digitalmischpult mit einer gut durchdachten Benutzeroberfläche für den Einsatz bei Rundfunkproduktion sowie im Live-Bereich.

Abbildung 20: Digitales Mischpult „Studer Vista 5“⁶⁴



„Das Vista 5 ist mit 32 Fader ausgestattet. 20 Kanalstreifen sind optimiert für die Bedienung von Eingangskanälen, weitere 12 sind funktional als Ein- und Ausgänge ausgelegt. Mit Hilfe des „Vistonics-Bildschirms“ über den Control Bay hat man Ausgangskanäle sofort im Zugriff. Die DSP- Leistung und die Ein- und Ausgänge sind den Anforderungen entsprechend anpassbar. Je nach Ausstattung und DSP-Leistung kann das Vista 5 bis zu 1700 Ein- und Ausgänge verwalten. Als Schnittstellen stehen unterschiedliche

⁶² Vgl. Friedrich S.133

⁶³ Vgl. Görne 2008, S.331,

⁶⁴ <http://www.studer.ch>

Karten wie z.B. MIC/Line, ADAT, TDIF, AES/EBU, SDI oder MADI zur Verfügung.“⁶⁵

Das Gesamtsystem besteht aus einem Desk, einem abgesetzten Core-Rack für die DSPs sowie Ein- und Ausgängen. Im Core Rack befinden sich Einschubsteckkarten in zwei Ebenen. In der ersten Ebene befinden sich DSP-Karten sowie Bridgekarten zur Anbindung an das Mischpult. In der unteren Einschubebene sind die I/O-Komponenten untergebracht.⁶⁶

Im „Core Rack“ des R2s stehen Mikrofon-Eingangskarten für insgesamt 20 Mikrofoneingänge zur Verfügung. Sechs AES/EBU-Karten bieten die Möglichkeit, externe Geräte über 48 AES/EBU-Kanäle an das Mischpult anzubinden. Weiterhin sind im Übertragungswagen zwei Madikarten für die Übertragung von jeweils 56 Kanälen installiert. Eine MADI-Schnittstelle ist über Glasfaserkabel mit einer externen Stagebox verbunden. An dieser externen Stagebox liegen 56 Kanäle an. Über einen integrierten Riedel Glasfaser-Multiplex können zusätzlich noch 4 Riedel Sprechstellen über BNC Kabel angeschlossen werden. Die zweite MADI-Schnittstelle ist mit der „Riedel“-Kommandoanlage verbunden.

3.3.2 Mikrofone

Allgemein muss bei einer Außenübertragung je nach Anforderung das geeignete Mikrofon ausgewählt werden. Die Anforderungen unterteilen sich grundsätzlich in die Aufnahme der natürlichen Atmosphäre (Atmo) oder die Aufnahme von Sprache (Kommentatoren, Reporter, Interviews etc.). Weitere Auswahlkriterien sind die maximale Ausblendung von Störgeräuschen, sowie eine einheitliche Bild-Ton-Perspektive. Für Interview- und Reportagezwecke spielen eine große Handhabungssicherheit, Ausblendung der Umgebungsgeräusche, hohe Bewegungsfreiheit und ein schneller unkomplizierter Aufbau eine entscheidende Rolle.

Aufgrund des breit gefächerten Auftragsspektrums in der Außenübertragung besitzt die Media Mobil GmbH eine Vielzahl von verschiedenen Mikrofontypen. Im Folgenden werden einige Mikrofone erwähnt, die im Rahmen der zu realisierenden Fußballproduktion ihren Einsatz finden und zur Grundausstattung des „R2“ Übertragungswagens zählen. Auswahl und Verwendungszweck der einzelnen Mikrofontypen unterliegen im Allgemeinen den Erfahrungen und Vorstellungen des jeweiligen Toningenieurs und stellen in dieser Arbeit keine verbindliche Richtlinie dar. Es wird jedoch beispielhaft auf die möglichen Einsatzgebiete eingegangen.

⁶⁵ Vgl. http://www.audiopro.de/live/studer_36966_DEU_AP.html, 29.08.2009

⁶⁶ Vgl. Kaminski, Peter, Production Partner 06/2006, 104

Richtrohre

Richtrohr-Mikrofone eignen sich in der Fernsehproduktion besonders gut für das zielgerichtete Einfangen von Geräuschen und Atmo-Ton im Innen- und Außenbereich. Aufgrund ihrer stark gebündelten Richtwirkung können sie auch in größerer Entfernung außerhalb des Bildbereiches aufgestellt werden. Vorrangig eingesetzt werden das Sennheiser MKH 416 sowie das Sennheiser MKH 418-S. Das MKH 416 ist ein Kondensator-Richtrohrmikrofon und besitzt eine Supernieren-/Keule-Richtcharakteristik. Es nimmt einen Frequenzbereich von 40Hz bis 20KHz auf. Das Sennheiser MKH 418-S ist ein Stereo-Richtrohrmikrofon mit zwei Mikrofonkapseln im MS-Format (Kap. 1.3.1). Die M-Kapsel hat eine Supernieren-/Keule- und die S-Kapsel eine Achtercharakteristik. Beide Mikrofone sind flexibel einsetzbar. Weiterhin bietet das MKH 418-S als Stereomikrofon den Vorteil einer räumlichen Abbildung der Umgebung.

Weitere Mikrofone

Zur Mikrofonausstattung des „R2“ zählen unter anderem die Kondensator-Mikrofone des Typs AKG C 460. Das Mikrofon besteht aus einem Vorverstärker (C 460 B), welcher optional mit verschiedenen Mikrofonkapseln bestückt werden kann. Die verschiedenen Kapseln sind als Nieren (CK 61-ULS), Hypernieren (CK 63-ULS) oder als Kugeln (CK 62 ULS) ausgeführt. Alle Kapselvarianten besitzen einen Frequenzgang von 20 Hz bis 20 KHz. Das AKG 460 als Nieren- und Hypernierenvariante eignet sich unter anderem für die Aufzeichnung von Atmo oder Sprache in einer besonders geräuschintensiven und lauten Umgebung wie z.B. in einem Fußballstadion. Für Diese Anwendungen bieten sich auch hochwertige Kondensatormikrofone von Neumann an. Für stereofone Aufnahmen stehen zwei Neumann KM 140 zur Verfügung und sind als Stereopärchen optimal aufeinander abgestimmt. Diese Mikrofone können z.B. für eine ORTF-Stereomikrofonierung des Publikums eingesetzt werden. Generell lässt sich das KM 140 universell einsetzen und eignet sich besonders für Aufnahmesituationen, in denen starke Übersprechanteile von verschiedenen Schallquellen unterdrückt werden müssen. Vom Aufbau her besteht das Neumann KM 140 ebenfalls aus einem Vorverstärker (KM 100), welcher mit verschiedenen Mikrofonkapseln bestückt werden kann. Das KM 140 besteht aus einer Kapsel mit Nierencharakteristik und besitzt einen Übertragungsbereich von 20 Hz bis 20 KHz.

Funkmikrofone

Die Handsender der Reihe SKM 5000 von Sennheiser ist sehr vielseitig einsetzbar. Bei Außenproduktionen und Sportveranstaltungen werden Funkmikrofone häufig für Interviews und Live-Schalten mit Reportern oder Moderatoren verwendet. Prinzipiell werden sie dort eingesetzt, wo es auf eine große Bewegungsfreiheit und gute Sprachverständlichkeit ankommt. Das SKM 5000 setzt sich aus einer Kondensator-Mikrofonkapsel mit Nierencharakteristik und einem Sendeteil zusammen. Aufgrund seiner robusten Bauart und relativen Unempfindlichkeit gegenüber Wind- und Körperschallgeräuschen eignet sich das Mikrofon besonders für den Betrieb im Freien. Als Funkempfänger können z.B. abgestimmte Mehrkanalempfänger oder Kameraempfänger des gleichen Herstellers verwendet werden.

Headset-Mikrofone

Headset-Mikrofone werden für Live-Vertonungen und alle anderen Sprachaufnahmen verwendet. Die Mikrofone an den Headsets sind entweder als Elektret oder dynamisch ausgeführt. Die dynamischen Mikrofone werden vorrangig bei hohen Aufnahmepegeln eingesetzt. Verschiedene Modelle sind das Sennheiser HME-25 mit Kugelcharakteristik oder die Headset-Serie Riedel MAX und Riedel Pro von Riedel für den Einsatz in extrem lauter Umgebung. Die Headsets verfügen über exzellente Dämpfungseigenschaften der Kopfhörer und bieten optimalen Gehörschutz für den Anwender.

Für den universellen Einsatz stehen weitere Mikrofontypen zur Verfügung wie beispielsweise das AKG C 568, Beyerdynamik MCE 86, Shure SM 58 oder auch das Sennheiser MD- 441.

3.3.3 Outboard Equipment

Neben den bereits erwähnten Gerätschaften wie Funkinterfaces, ISDN-Codecs etc. befinden sich im Übertragungswagen noch weitere Geräte zur Bearbeitung von Audiosignalen. Digitale Dynamikprozessoren und Sendelimiter wie der „D 05“ und der „B 42“ von der Firma Jünger dienen der Bearbeitung des Dynamikbereiches von Audiosignalen in Form von Begrenzung, Kompression und Expansion. Diese Dynamikprozessoren sind besonders wichtig, um das Übersteuern bzw. Clipping von Signalpegeln auf dem Sendeweg zu verhindern.

Neben vier zusätzlichen Analog-Digitalwandlern von „AVMpro“, welche analoge Audiosignale in digitale AES/EBU-Signale konvertieren, ist noch

ein zusätzliches externes Audiointerface, „Hammerfall Multiface“ von RME, im Übertragungswagen installiert. Dieses bietet die Möglichkeit, analoge Signale in verschiedene digitale Formate umzuwandeln und externe Zupielsysteme anzuschließen. Für verschiedene Effekte wie Hall, Delay etc. steht ein Multieffektgerät von T.C. Electronics zur Verfügung.

4. Planung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Planung und Vorbereitung der Produktion. Es gilt hier zunächst, gemäß den von Auftraggeberseite (in diesem Fall die MDR Sendung Sport im Osten) gewünschten Produktionsanforderungen und Disposition, die technischen Einsatzmittel zu ermitteln, um ein grundlegendes Konzept für die Durchführung vorzubereiten.

4.1 Zielstellung

Es gibt zum einen die Zielstellung, den reibungslosen Ablauf der Produktion unter anderem durch den Aufbau von Kommunikationsmöglichkeiten zu gewährleisten. Zum anderen soll das Klangergebnis, welches dann auf dem Fernsehgeräten der Zuschauer läuft, das bestmögliche sein.⁶⁷

Audioübertragung und Aufzeichnung von Sprache und Atmosphäre müssen in einem ausgewogenen und verständlichen Tonverhältnis zu einander stehen. Dazu gehört, die Stimmung des Spieles, wie z.B. das Jubeln der Fans, die Pfiffe der Schiedsrichter usw., zu den Fernsehzuschauern zu transportieren, um ein möglichst realistisches Gefühl der Spielanteilhabe wiederzugeben.

Aufgabe bei der Produktion vor Ort ist die Konfiguration individueller Kommunikationsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Produktionsbereichen. Alle Gewerke müssen miteinander kommunizieren können. Dieses ist unumgänglich, um einen reibungsfreien Ablauf der Produktion zu gewährleisten. Der Bedarf an Kommunikation ist sehr umfangreich und muss für produktionsspezifische Fälle schnell und flexibel konfiguriert und geändert werden können. Solche Bedingungen erfordern ein komplexes System von Interkom- und Kommandoanlagen, welche aber trotzdem einfach und schnell zu bedienen sein müssen. Dazu bedarf es im Vorfeld einer Erörterung, wer mit wem und über welche Kommunikationswege kommunizieren muss.

⁶⁷ Vgl. Kopietz, Matthias 14.07.2009

4.2 Produktionsanforderungen / Disposition

Grundsätzlich sind Fußballübertragungen wie alle Fernsehproduktionen an bestimmte Produktionsanforderungen des Auftraggebers gebunden. In diesem Fall soll eine Live-Konferenzschaltung zwischen mehreren Fußballspielen realisiert werden. Es finden zeitgleich drei Spiele an verschiedenen Austragungsorten statt. Ein Spiel ist dabei das Hauptspiel, welches permanent übertragen wird. Je nach Torsituation oder anderen relevanten Ereignissen werden die anderen Spiele zwischendurch auf Sendung geschaltet. Jedes Spiel wird als eigenständige Produktion gehandhabt. Eine produktionstechnische Besonderheit besteht darin, dass der Kommentator über eine Taste auf seiner Kommandosprechstelle sich auf die Sendeleitung schalten kann, um ein gefallenes Tor zu verkünden. Danach wird das Spiel von der Sendeanstalt auf Sendung geschaltet und die Geschehnisse werden entsprechend wiedergegeben bzw. wiederholt.

Technischer Ablauf

Die Produktion soll mit insgesamt fünf Kameras realisiert werden. Hierzu gibt es eine Führungskamera auf der Tribüne und daneben eine Kamera für Zeitlupen, Naheinstellungen etc. Eine andere Kamera soll für Nahaufnahmen an der Mittellinie postiert werden. Hinter den Toren wird jeweils eine Kamera aufgestellt, um Aktionen im Torbereich einzufangen.

Das zu übertragende Spiel wird von einem Kommentator live kommentiert. Dieser befindet sich auf der Tribüne auf einem Beobachter- bzw. Kommentatorplatz. Nach dem Spiel oder während der Halbzeit finden Interviews mit Trainern oder Spielern der jeweiligen Mannschaft statt. Vor, während und nach dem Spiel führt ein Moderator vor Ort durch die Sendung. Der Ton wird in Stereo übertragen, wobei ein Programmton live gesendet wird und eine internationale Tonmischung (Kap. 5.2.4) für die Weiterverarbeitung aufgezeichnet wird.

4.3 Personal und externe Arbeitsbereiche

Neben den in Kapitel 2.1 genannten Arbeitsbereichen im Übertragungswagen gibt es weitere Tätigkeitsfelder, welche für das Verständnis des folgenden Abschnittes der Kommunikationswege näher beschrieben werden müssen. Die Tätigkeitsbeschreibung ist im Wesentlichen auf die für diese Arbeit relevante Produktion beschränkt.

Kamera

Die Kameramänner/-frauen bedienen die Kameras entsprechend den Anweisungen des Regisseurs. Dazu müssen sie ständig seine Kommandos hören und gegebenenfalls zurück sprechen können.

Aufnahmeleitung (AL)

Die Aufnahmeleitung ist für die Durchführung, die Koordination und den organisatorischen und technischen Ablauf zuständig. Während der Produktion trägt sie die Verantwortung für das Einhalten des Ablaufplanes. Die Aufnahmeleitung muss sich von daher frei am Produktionsort bewegen können und in stetiger Verbindung zur Regie stehen. Sie ist letztendlich primärer Ansprechpartner und Organisator am Drehort.

Ablaufredakteur

Der Ablaufredakteur koordiniert den zeitlichen und redaktionellen Ablauf der Sendung. Er sitzt in der Bildregie und steht in ständigem Kontakt mit Moderatoren, Reportern und der Aufnahmeleitung.

Guide

Der Guide ist ein redaktioneller Mitarbeiter und arbeitet dem Kommentator zu. Er verfolgt das Spiel aufmerksam und notiert Zeiten, an denen die wichtigsten Szenen zusammen geschnitten werden sollen. Er ist dafür verantwortlich, dass während der Halbzeitanalyse bzw. nach dem Spiel die wichtigsten, zu diskutierenden Situationen ausgewählt und dem Moderator zur Verfügung gestellt werden.. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass Guide und MAZ bzw. Schnittplatz miteinander kommunizieren.

Field-Reporter

Der Field-Reporter (Abb. 21) verfolgt das Spielgeschehen direkt vom Spielfeldrand aus und ist somit ganz nah am Ereignis. Direkt betreut durch die Aufnahmeleitung und nach Absprache mit dem Regisseur und dem Ablaufredakteur führt er während der Halbzeit oder nach dem Ende des Spieles kurze Interviews mit Spielern, Trainern etc.

Abbildung 21: Field-Reporter beim Interview



Moderator

Der Moderator führt im provisorischen Studio, am Spielfeldrand oder vom Studio im Funkhaus durch die Sendung. Innerhalb der zugrunde liegenden Produktion hat der Moderator die Funktion eines zweiten Field-Reporters. Um die beiden Personen im weiteren Verlauf besser unterscheiden zu können, wird die Bezeichnung „Moderator“ beibehalten.

Beobachterplatz

Der Beobachter ist der leitende Redakteur vor Ort, der das Fußballspiel vom Beobachterplatz aus verfolgt und später live auf Sendung kommentiert.⁶⁸ Der Beobachterplatz liegt zentral auf der Haupttribüne, um dem Spielverlauf übersichtlich verfolgen zu können. Dort sitzen z.B. Kommentatoren, Redakteure usw., um das Spiel zu analysieren. Im Falle der Live-Übertragung kommentiert der Redakteur vom Beobachterplatz aus.

⁶⁸ Vgl. Kopietz 5.04.2010

Slomo-Operator

Bei einem Fußballspiel überwacht ein Slomo-Operator bis zu vier Kameras und liefert die entsprechenden Zeitlupen. Der Slomo-Operator befindet sich in einem separaten Fahrzeug, welches mit entsprechender Technik für die Zeitlupenerstellung ausgerüstet ist.

Live-Kommentator

Der Live-Kommentator ist das akustische Aushängeschild der Sendung und kommentiert live vom Kommentatorplatz auf der Tribüne das Spielgeschehen. Von dort aus hat er den optimalen Überblick. Er muss über eine Sprechstelle mit dem Ü-Wagen verbunden sein, um redaktionelle und technische Anliegen klären zu können. Weiterhin steht er in ständigem Kontakt mit dem Guide bzw. MAZ-Redakteur sowie den Field-Reportern.

4.4 Kommunikationswege

Grundsätzlich müssen alle Produktionsbereiche bei Bedarf miteinander kommunizieren können. Welche Kommunikationswege im Einzelnen geschaffen werden müssen, hängt von den Produktionsbedingungen und den individuellen Wünschen der jeweiligen Arbeitsbereiche ab. Von daher werden bei Produktionsbeginn vor Ort, je nach Anforderung, zusätzliche Kommunikationsmöglichkeiten geschaffen. Im Folgenden wird definiert, welche Kommunikationswege anhand der Disposition für einzelne Positionen in jedem Fall benötigt werden bzw. realisiert werden müssen. Dabei wird zunächst weniger auf die technische Umsetzung als auf beispielhafte Relevanz einzelner Kommunikationsbedürfnisse eingegangen.

Standardmäßig sind im Übertragungswagen alle internen Produktionsbereiche (Kap. 2.1) mit Sprechstellen ausgestattet und können folglich durch entsprechende Tastenbelegungen miteinander kommunizieren.

In der Bildregie werden Kommandos und Anweisungen vom Regisseur an die Kameralleute weitergegeben. Hierfür muss eine permanente Sprechverbindung von der Regiesprechstelle zu den Kameras gegeben sein. Die Sprechaste für den Kameraring ist dauerhaft aktiviert (latching), so dass die Kameralleute permanent die Regieanweisungen hören können. Als Kameraring bezeichnet man den Kommunikationsweg, welcher gleichzeitig auf alle Kameras geht. Dabei empfangen bzw. hören alle Kameralleute dasselbe Signal. Neben den Kameralleuten muss die Bildregie mit allen an der Produktion beteiligten Arbeitsbereichen kommunizieren können, um Kommandos, Änderungen und sonstige Informationen an alle Produktions-

einheiten weiterzugeben. Der Regisseur muss z.B. die Aufnahmeleitung über Abläufe und Zeiten informieren, dem Slomo-Operator Kommandos für eine gewünschte Zeitlupenwiederholung geben oder vom Funkhaus über den exakten Beginn der Liveschaltung informiert werden. Weitere Kommunikationsschnittstellen werden mit der Tonregie, SNG, MAZ/Schnitt, Kommentator, Field-Reporter und Moderator gebildet.

Als redaktioneller Assistent des Kommentators muss der Guide vom Beobachter- bzw. Kommentatorplatz aus vorrangig mit dem Kommentator und dem verantwortlichen Ablaufredakteur im Übertragungswagen kommunizieren. Während der Live-Übertragung verständigen sie sich über relevante Inhalte und Informationen für den Live-Kommentar. Des Weiteren ist es sinnvoll, eine Kommunikationsverbindung zwischen dem Guide, der Bildregie, Tonregie und zum Funkhaus für den Bedarfsfall aufzubauen.

In der Tonregie laufen alle Kommunikationswege zusammen. Von dort aus konfiguriert der Toningenieur mittels Software die Kommandoanlage und richtet Funk und ISDN-Verbindungen ein. Aus diesem Grund müssen alle beteiligten Produktionsbereiche mit der Tonregie kommunizieren können, da dort individuelle Änderungen und zusätzlich notwendige Sprechverbindungen eingerichtet werden können.

5. Durchführung

5.1 Kommunikation

Die Kommunikation ist eines der Basisbestandteile im Aufgabenbereich eines Toningenieurs, um eine Ü-Wagenproduktion durchführen zu können. Alle Gewerke müssen während und vor Produktionsbeginn in der Lage sein, über weite Strecken hinweg zu kommunizieren. Deutlich wird dies anhand des Aufwandes und der Komplexität des Kommunikationssystems.

5.1.1 Kommunikations-Infrastruktur vor Ort

Bevor die Produktion bzw. die Übertragung des Spieles stattfinden kann, müssen alle technischen Einsatzmittel aufgebaut, angeschlossen und eingerichtet werden. Zu den ersten Aufgaben des Toningenieurs und der Ton-techniker gehört das Errichten der Kommunikationswege vor Produktionsbeginn. Grundsätzlich müssen die externen Sprechstellen aufgebaut und ISDN-Verbindungen hergestellt werden. Weiterhin sind sämtliche Funkgeräte und In-Ear-Rückwege für Moderatoren und Field-Reporter in Betrieb zu setzen.

Sprechstellen

Da alle internen Arbeitsbereiche im Übertragungswagen mit digitalen Sprechstellen ausgerüstet sind, werden vor Produktionsbeginn die notwendigen externen Sprechstellen für den Kommentator, den Guide sowie für den Slomo-Operator im EVS-Schnittmobil positioniert und angeschlossen. Kommentator, Guide und EVS werden jeweils mit einer Tischsprechstelle Riedel DCP-1016E ausgestattet. Für Kommunikation und Vertonung ist an der Kommentator-Sprechstelle ein Headset angeschlossen.

Abbildung 22: Kommentatorplatz mit Sprechstelle und Headset



Funkverbindungen

Für die drahtlose Audioübertragung gibt es im Wesentlichen zwei Bestandteile. Zum einen müssen Funkgeräte für Techniker und für die Aufnahmeleitung bereit gestellt werden. Zum anderen gilt es, In-Ear-Rückwege für die Field-Reporter und Moderatoren zu schaffen.

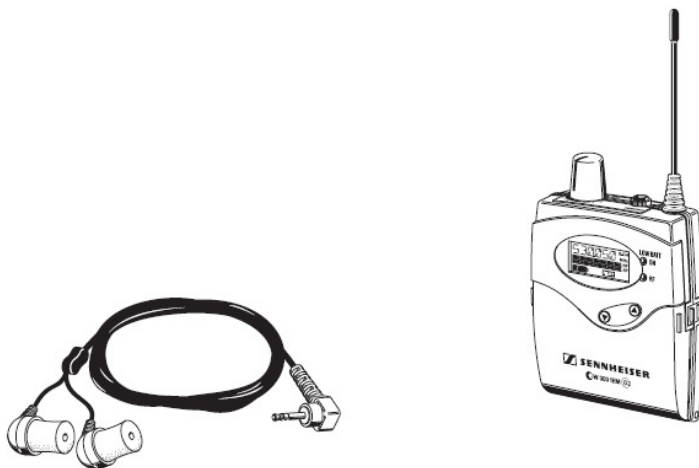
Für die Kommunikation mit Technikern und Aufnahmeleitung dient als Sende- und Empfangseinheit ein „Riface“-Funkinterface mit dazugehörigen Motorola GP344 Handfunkgeräten. Das „Riface“ besteht aus zwei unabhängigen Funkeinheiten. Für einen Semi-Duplexbetrieb kann ein Funkgerät permanent auf „Senden“ gesetzt werden und das andere auf „Empfang“. „Dadurch hat der mobile Funkteilnehmer eine permanente Hörverbindung mit der Funk-Basisstation, aber kann bei Bedarf zurück sprechen.“⁶⁹ Diese Verfahrensweise ermöglicht dem Aufnahmeleiter, permanent die Kommandos aus der Regie mitzuhören.

Moderatoren und Field-Reporter benötigen In-Ear-Rückwege. Auf diesen Rückwegen werden Kommunikations- bzw. Kommandosignale übertragen, bei Bedarf auch N-1 oder Programmtone. Dabei tragen Moderatoren bzw. Reporter einen kleinen In-Ear-Kopfhörer und einen Taschenempfänger (Abb. 23). Field-Reporter und Moderator benötigen zwei separate Funk-

⁶⁹ Riface Data Sheet 22.09.2009

rückstrecken, um getrennt ansprechbar zu sein und sich auch gegenseitig zu hören. Rückstrecke für den Field-Reporter ist ein UHF-Funksender „Sennheiser SR 22“ im Übertragungswagen. Ein weiterer Funksender „Sennheiser 3056“ dient als separater Rückweg für den Moderator. Diese Rückstrecke wird in Spielfeldnähe abgesetzt, da die Sendeleistung bei diesem Gerät etwas geringer ist und möglicherweise eine zu geringe Reichweite besitzt. Die abgesetzte Rückstrecke kann auch als Ersatz für die „SR 22“ benutzt werden, wenn diese durch Bebauung oder zu geringer Reichweite nicht zum Produktionsort durchdringt.⁷⁰

Abbildung 23: Taschenempfänger „EW 300 IEM“ mit In-Ear-Kopfhörer⁷¹



ISDN- Verbindungen

In der Regel existiert am Produktionsort ein extra eingerichteter ISDN-Anschluss (UK0-Schnittstelle) sowie ein NTBA, von wo aus der S0-Bus abgegriffen und mit dem ISDN-Codec im Übertragungswagen verbunden werden kann. Bei zu großen Entfernungen muss der UK0-Bus, welcher die Schnittstelle auf der Netzseite vor dem NTBA darstellt, mit einem entsprechenden Adapter verlängert werden.

Mit dem ISDN-Codec kann eine Verbindung mit dem Funkhaus hergestellt werden. Die ISDN-Verbindung dient bei dieser Produktion einerseits der Kommunikation zwischen Übertragungswagen, Regie und Schaltzent-

⁷⁰ Vgl. Kopietz, 11.01. 2010

⁷¹ Quelle: Sennheiser EW 300 IEM G2 Bedienungsanleitung 12/2003

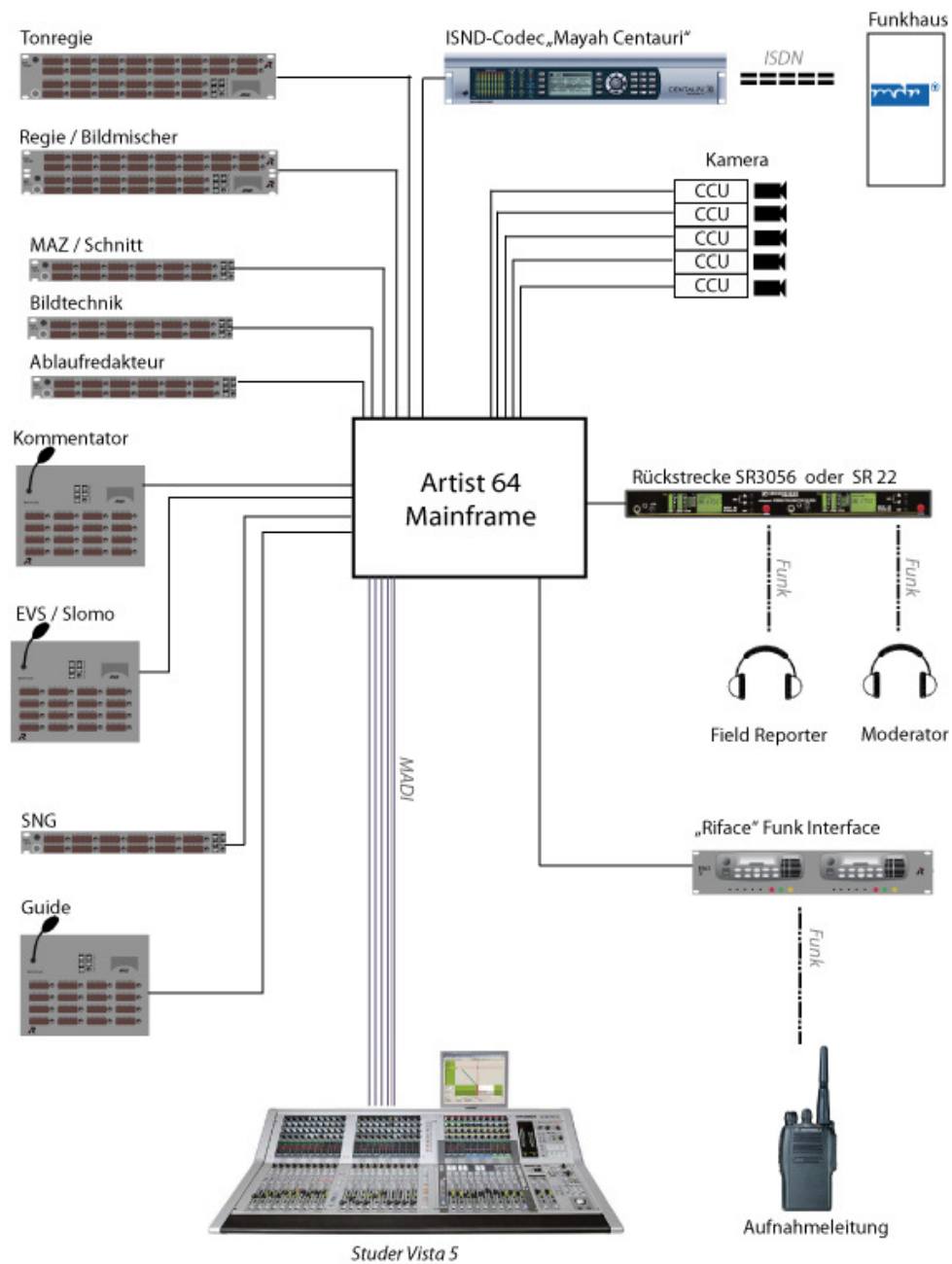
rale in der Sendeanstalt. Andererseits wird die Übertragung einer N-1 vom Funkhaus zum Produktionsort realisiert.

5.1.2 Konfiguration der Kommandoanlage

Die zentrale Einheit des Kommando- und Interconsystems im Übertragungswagen „R2“ ist ein „Riedel Artist 64“-System bestehend aus einem Mainframe, welcher mit acht Einschubkarten bestückt werden kann (Kap.3.2.1). Jede Karte stellt acht Ports für Ein- und Ausgänge zur Verfügung und bietet je nach Typ verschiedene Anschlussmöglichkeiten und Schnittstellen für die Anbindung aller relevanten Intercom- und Audiokomponenten. Über die Konfigurations-Software „Director“ können sämtliche Signale und Ports innerhalb der digitalen Matrixplattform beliebig zugewiesen, verteilt und mit einer Vielzahl von Einstellparametern funktionalisiert werden. Die internen Sprechstellen sind über BNC-Kabel fest mit einer im Riedel Artist 64 Mainframe befindlichen COX-108 G2 Client Card (Kap 3.2.1) verbunden. Externe Sprechstellen werden am äußeren Steckfeld des Übertragungswagens angeschlossen und über Querverbindungen ebenfalls an den Mainframe angebunden.

Zur Herstellung der Kommunikation mit den Kameraleuten sind die Steuereinheiten (CCUs) der Kameras über analoge Vierdrahtverbindungen mit der Riedel Kommandoanlage verbunden (AIO-108 G2 Client Card). Jede CCU besitzt für die Kommunikationswege zwei Audioein- und Ausgänge. Die Kennzeichnung der zwei Vierdrahtverbindungen kommt ursprünglich von der getrennten Sprechverbindung zum Technikbereich (CCU-Engineer) und der Sprechverbindung zum Produktionsbereich (CCU-Production). Die Funkgeräte „Riface“ und „Sennheiser SR 22“ sowie zwei ISDN Codecs „MAYAH Centauri 3001“ und „YouCom“ sind ebenfalls über analoge Vierdrahtverbindungen angeschlossen. Das Mischpult „Studer Vista 5“ ist per MADI-Verbindung mit den zwei MADI-108 G2 Slot-Karten im Artist 64 Mainframe verbunden. Somit können insgesamt 24 Audiokanäle übertragen werden.

Abbildung 24: Übersicht Kommando- und Kommunikationsverbindungen



Eine Übersicht über die konkrete Belegung des Artist 64 Mainframes mit Client Cards verdeutlicht Abb. 25. Aus der Tabelle lassen sich die jeweiligen Client Cards mit den dazugehörigen Ports und deren Anschlusstypen erkennen. Dabei handelt es sich in diesem Fall entweder um Sprechstellen (RCP-1028E; RCP-1012E; DCP-1016E) verbunden mit COAX-108 G2 Client Cards oder um Vierdrahtverbindungen (4-Wire) angeschlossen an MADI-108 G2 und AIO-108 G2 Karten. Vierdrahtverbindungen können direkt als analoge Ein- und Ausgänge zusammengefasst werden (analog I/O) oder sie werden separaten Ein- und Ausgängen zugewiesen (split I/O). Die Port-Bezeichnung kennzeichnet, für welche Verbindung der jeweilige Port innerhalb des Kommunikationsnetzwerkes genutzt wird. So ist z.B. die Sprechstelle vom Typ RCP-1028E in der Tonregie mit einer COAX-108 G2 Client Card auf Port Eins verbunden.

Mit der Software „Artist Direktor“ können alle Signale innerhalb der Matrixplattform beliebig geroutet werden. Der Begriff „Port“ bezeichnet einen physischen Anschluss der Matrixplattform und bezieht sich dabei jeweils auf Geräte wie z.B. Sprechstellen, ISDN-Codecs oder Vierdrahtverbindungen und MADI-Schnittstellen.

Die Tasten auf dem Bedienfeld der Sprechstellen können mit einzelnen oder mehreren Zuweisungsbefehlen programmiert werden. Mit einem „Call to Port“-Befehl wird eine „Point-to-Point“-Verbindung zwischen zwei Ports hergestellt. Beispielsweise kann eine Sprechstellentaste in der Tonregie mit dem Befehl „Call to Bildregie“ programmiert werden. Beim Betätigen der Taste ist eine Sprechverbindung zwischen der Sprechstelle in der Tonregie und in der Bildregie hergestellt.⁷²

⁷² Vgl. Riedel Director User Guide 2007, 58f.

Abbildung 25: Übersicht über Slotbelegung des Artist 64 Mainframes

Slot/Bay	Client Cards	Typ	Bezeichnung
1	COAX-108 G2		
	Port 1.1	RCP-1028E	Tonregie (intern)
	Port 1.2	RCP-1012E	MAZ / Schnitt (intern)
	Port 1.3	RCP-1012E	Bildtechnik (intern)
	Port 1.4		
	Port 1.5	RCP-1012E	Rüstwagen (extern)
	Port 1.6		
	Port 1.7		
	Port 1.8		
2	COAX-108 G2		
	Port 2.1	RCP-1028E	Bildregie (intern)
	Port 2.2		
	Port 2.3	RCP-1012E	Ablauf Redakteur (intern)
	Port 2.4	DCP-1016E	EVS/Slomo (extern)
	Port 2.5	DCP-1016E	Guide (extern)
	Port 2.6		
	Port 2.7		
	Port 2.8	DCP-1016E	Kommentator Live (extern)
3	AIO-108 G2		
	Port 3.1	4-Wire (analog I/O)	CCU P-1
	Port 3.2	4-Wire (analog I/O)	CCU P-4
	Port 3.3	4-Wire (analog I/O)	CCU E-2
	Port 3.4	4-Wire (analog I/O)	CCU E-5
	Port 3.5	4-Wire (analog I/O)	
	Port 3.6	4-Wire (analog I/O)	MAYAH Centauri 2-1
	Port 3.7	4-Wire (analog I/O)	Youcom 1-1
	Port 3.8	4-Wire (analog I/O)	MAYAH Centauri 1-1
4	AIO-108 G2		
	Port 4.1	4-Wire (analog I/O)	CCU P-2
	Port 4.2	4-Wire (analog I/O)	CCU P-5
	Port 4.3	4-Wire (analog I/O)	CCU E-3
	Port 4.4	4-Wire (analog I/O)	CCU E-6
	Port 4.5	4-Wire (analog I/O)	Riface - Aufnahmeleitung
	Port 4.6	4-Wire (analog I/O)	MAYAH Centauri 2-2
	Port 4.7	4-Wire (analog I/O)	Youcom 1-2
	Port 4.8	4-Wire (analog I/O)	MAYAH Centauri 1-2
5	AIO-108 G2		
	Port 5.1	4-Wire (analog I/O)	CCU P-2
	Port 5.2	4-Wire (analog I/O)	CCU P-6
	Port 5.3	4-Wire (analog I/O)	CCU E-4
	Port 5.4	4-Wire (analog I/O)	CCU E-1
	Port 5.5	4-Wire (analog I/O)	Rückstrecke SR 22
	Port 5.6	4-Wire (split I/O)	IN : HF / Out: KA-Ring
	Port 5.7	4-Wire (analog I/O)	SNG
	Port 5.8	4-Wire (analog I/O)	Reserve Fahrerhaus

Slot/Bay	Client Cards	Typ	Bezeichnung
6	MADI-108 G2		
	Port 6.1	4-Wire (split I/O)	IN : Aux Kommentator/ OUT : Kommentator
	Port 6.2	4-Wire (split I/O)	IN: Aux Field/ OUT: mdr N-1
	Port 6.3	4-Wire (split I/O)	IN : Aux Moderator
	Port 6.4	4-Wire (analog I/O)	
	Port 6.5	4-Wire (analog I/O)	
	Port 6.6	4-Wire (analog I/O)	
	Port 6.7	4-Wire (analog I/O)	
	Port 6.8	4-Wire (analog I/O)	Tortaste
7	MADI-108 G2		
	Port 7.1	4-Wire (split I/O)	
	Port 7.2	4-Wire (split I/O)	
	Port 7.3	4-Wire (split I/O)	
	Port 7.4	4-Wire (split I/O)	IN: Programmton / OUT: Programmton
	Port 7.5	4-Wire (analog I/O)	Technik Funk (extern)
	Port 7.6	4-Wire (split I/O)	
	Port 7.7	4-Wire (split I/O)	OUT: SR3056 L-Moderator
	Port 7.8	4-Wire (split I/O)	OUT: SR3056 L

5.2 Audioübertragung

5.2.1 Akustische Gegebenheiten und Signalquellen

Aus den akustischen Gegebenheiten bei der Audioübertragung eines Fußballspiels gilt es drei akustische Gestaltungsebenen im Bereich der Tonmischung zusammen zu führen: Die sprachliche oder auch „Wort-Ebene“, das Publikum, Spielgeräusche und Zuspelungen. Dabei können das Publikum und die Spielgeräusche generell auch als Atmosphäre (Atmo) zusammengefasst werden.

Neben dem Unterhaltungswert des sportlichen Geschehens per se, hat die TV-Übertragung einen deutlichen Reportagecharakter. Es wird über Ereignisse auf dem Spielfeld berichtet. Hauptakteure innerhalb der „Wort-Ebene“ sind Berichterstatter wie Kommentatoren, Field-Reporter, Moderatoren und Interview-Gäste. Diese Akteure besitzen eine wichtige Informationsfunktion für den Zuschauer und stehen aus akustischer Perspektive gesehen im Vordergrund. Bei der Auswahl der Mikrofone muss besonders beachtet werden, dass sie gegenüber den Umgebungsgeräuschen so weit wie möglich unempfindlich sind, um die Verständlichkeit von Kommentaren, Moderationen und Interviews zu gewährleisten.

Das Publikum hat ebenfalls einen hohen Stellenwert für die Übertragung. Es bildet die unmittelbarer Atmosphäre des sportlichen Geschehens und vermittelt dem Zuschauer durch lautstarke, enthusiastische Begeisterung ein Gefühl der direkten Spielanteilmahme. Die Publikumslautstärke eines ausgefüllten Fußballstadions mit mehreren tausenden Besuchern kann bis zu 110 dB betragen, was in etwa dem Düsentriebwerk eines Flug-

zeugs entspricht. Das Publikum ist damit die lauteste Schallquelle, welche sinnvoll in ein akustisches Gesamtbild integriert werden muss.

Spielgeräusche beinhalten Sportgeschehen wie Piffe, Zurufe und Ballgeräusche. Sie sind an das Bildereignis gebunden und sollten eine einheitliche Bild-Ton-Perspektive besitzen. Dieses setzt voraus, dass Anzahl und Standorte der Mikrofone mit den Kameras bzw. den Bildperspektiven übereinstimmen und insgesamt eine möglichst große Fläche des Spielfelds akustisch einfangen.

Ein weiteres Audioelement in der Tonmischung sind vorproduzierte Zuspieldungen zur Erläuterung und Ergänzung des Geschehens. Das Zuspield kommt in der Regel von einem MAZ- oder MAV-Player.

5.2.2 Mikrofonierung

Die Auswahl der genannten Mikrofonhersteller innerhalb der vorliegenden Arbeit basiert auf der technischen Ausstattung der Media Mobil GmbH und kann auch durch Mikrofone anderer Herstellermarken mit gleicher Charakteristik und Klangeigenschaften ersetzt werden.

Kommentator

Der Kommentatorplatz ist auf der Haupttribüne. Der Kommentator trägt ein „Sennheiser HME-25-Headset“ mit Elektret-Kondensatormikrofon in Kugelcharakteristik. In besonders lauter Umgebung empfiehlt sich ein Headset mit sehr hohen Dämmungseigenschaften der Kopfhörer und einem Mikrofon mit Nierencharakteristik. Das Headset des Kommentators ist an eine Riedel-Sprechstelle angeschlossen. Über diese Sprechstelle wird das digitale Audiosignal zum Ü-Wagen übertragen. Für den Fall eines technischen Ausfalls der Sprechstelle wird ein zweites Headset als Reserve über eine separate analoge Tonleitung bereitgestellt,

Field-Reporter

Die kurzen Interviews am Spielfeldrand werden mit einem „Sennheiser SKM 5000 Funkmikrofon“ durchgeführt. Die austauschbare Mikrofonkapsel hat eine Super-Nierencharakteristik. Für eine gute Sprachverständlichkeit ist die starke Richtwirkung des Mikrofons besonders wichtig, weil der Field-Reporter den sehr lauten Umgebungsgeräuschen im Stadion ausgesetzt ist. Das Empfangsgerät ist ein UHF-Kameraempfänger EK 3241 von Sennheiser, welcher je nach Erfordernissen an den Audioeingang der Mittellinien-Kamera (Kamera 3, Abb. 28) oder der beweglichen Handkamera (Kamera 5, Abb.28) angeschlossen ist. Auf dem zweiten Audioeingang der Kamera ist ein kabelgebundenes Mikrofon als Reserve angeschlossen.

Abbildung 26: Kamera mit Funkempfänger EK 3241



Moderator

Der Moderator befindet sich in einem provisorischen Studio (größtenteils eine Stellwand in Nähe des Spielfeldes mit Werbeaufdruck). Von dort aus führt er Gespräche mit Gästen und Experten. Moderator und Gäste sind mit SKM 5000 Funkmikrofonen ausgestattet. Die Empfangsanlage ist ein dreikanaliger Funkempfänger Sennheiser EM 203. Folglich können bis zu drei unabhängige Drahtlosmikrofone betrieben werden (Moderator +2 Gäste).

Atmosphäre und Spielgeräusche

„Sinn und Zweck einer guten Mikrofonierung eines Sportereignisses ist es, die zum Bild passende Atmosphäre im Stadion für die Zuschauer am Bildschirm zu übertragen.“⁷³

Abbildung 28 zeigt die Positionierung der einzelnen Mikrofone für den Atmo-Ton im Stadion. Im Bereich der Mittelinie ist ein Sennheiser MKH 416 Richtrohr auf dem Schwenkarm der Kamera (Abb. 27) befestigt und am Audioeingang der Kamera angeschlossen. Dadurch wird beim Schwenken der Kamera das Mikrofon mitgeführt und kann die zum Bild gehörigen akustischen Eindrücke einfangen.

⁷³ Schlöter 2003/2007

Abbildung 27: Kamera mit MKH 416 Richtmikrofon



Auf der Tribüne befindet sich die Führungskamera (Kamera 1). An den Kamera-Audioeingang ist ein AKG 460 Kondensatormikrofon angeschlossen. Da die Führungskamera die „Totale“-Bildeinstellung liefert, wird vom Mikrofon passend zum Bild ein vom Spielfeld distanzierter Tonsignal aufgenommen.

Um Aktionen im Torbereich einzufangen, ist ein Sennheiser MKH 416 jeweils hinter den beiden Toren aufgestellt. Besonders bei Nahaufnahmen hinter dem Tor (Kamera 4, 5, Abb. 28) kann so ein zugehöriges Tonsignal mit „akustischer Nähe“ übertragen werden. Eine der beiden Hintertor-Kameras ist eine bewegliche Handkamera. Mit dieser werden auch die Interviews mit Spieler, Trainer etc. am Spielfeldrand durchgeführt.

Im Bereich des 16m-Raumes befinden sich Sennheiser MKH 418 Stereomikrofone basierend auf dem M-S-Verfahren. Durch den gegenüber „einkanaligen“ Richtmikrofonen größeren Aufnahmebereich der Stereomikrofone können akustische Ereignisse, welche sich im 16m-Raum zwischen Tor und Mittellinie abspielen, aufgenommen werden.

Das Zusammenwirken aller spielfeldgerichten Mikrofone bietet die Möglichkeit, gemäß den jeweiligen Bilderfordernissen eine Dichte an Geschehen oder eine akustische Weitläufigkeit entstehen zu lassen. Für das Publikum

werden zwei Neumann KM 140 als Stereopärchen in ORTF-Anordnung verwendet. Die Mikrofone sind auf die Zuschauertribüne gerichtet.

Abbildung 28: Mikrofonierung im Stadion

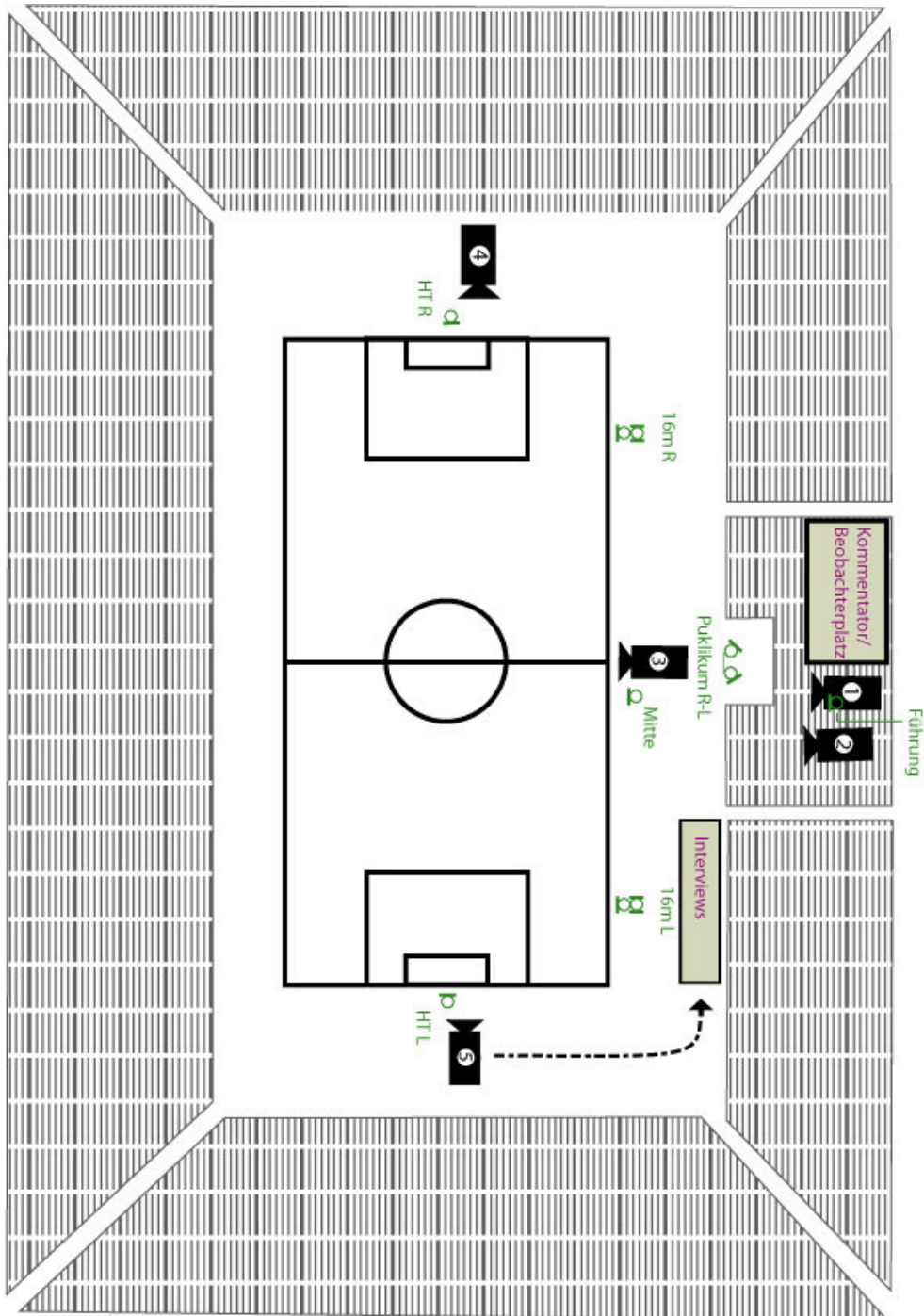


Abbildung 29: Übersicht Mikrofone

Funktion	Art	Charakteristik	Typ
Publikum (Links)	Kondensator	Superniere	Neumann KM 140
Publikum (Rechts)	Kondensator	Superniere	Neumann KM 140
Hinter Tor (Links)	Kondensator Richtrohr	Superniere/Keule	MKH 416
Hinter Tor (Rechts)	Kondensator Richtrohr	Superniere/Keule	MKH 416
16m (Links)	Kondensator M/S Stereo-Richtrohr	M: Superniere/Keule S: Acht	MKH 418-S
16m (Rechts)	Kondensator M/S Stereo-Richtrohr	M: Superniere/Keule S: Acht	MKH 418-S
Mitte	Kondensator Richtrohr	Superniere/Keule	MKH 416
Führung	Kondensator	Superniere	Neumann KM 140

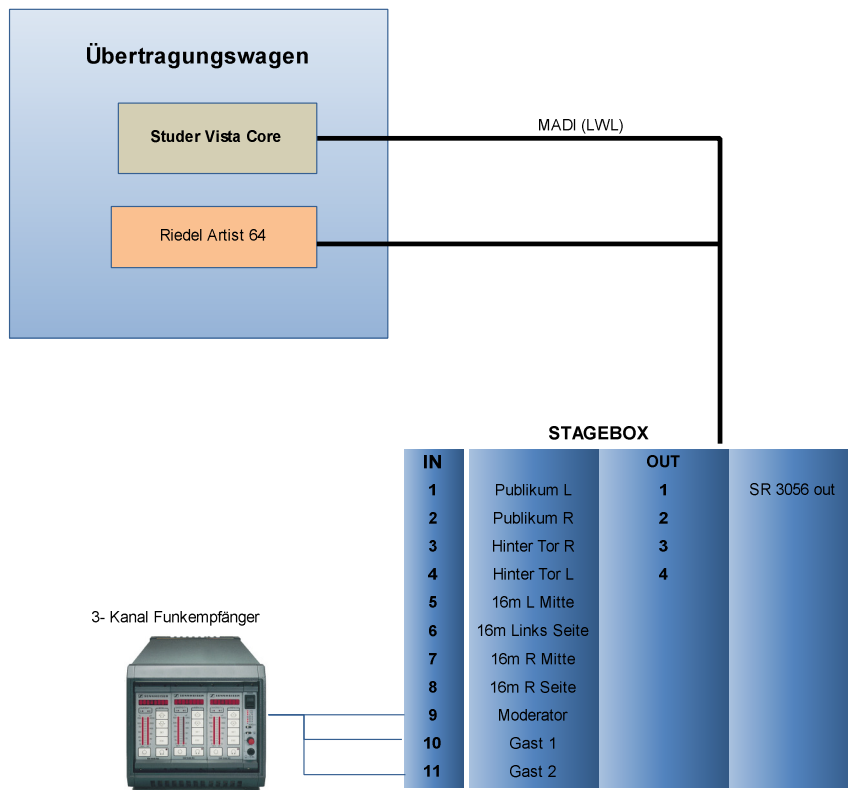
5.2.3 Signalwege

Im Stadion wird in Nähe des Spielfeldes eine externe „Stagebox“ aufgestellt, welche über Glasfaserkabel mit dem Studer Vista 5 Core Rack im Übertragungswagen verbunden ist. Die Stagebox bietet 56 Kanäle und überträgt im MADI-Format. Die 56 Audiokanäle der Stagebox sind fest als 40 Audioeingänge und 16 Ausgänge dimensioniert. Des Weiteren lassen sich vier Sprechstellen anschließen, deren Signale ebenfalls über eine Glasfaserverbindung übertragen werden.

Sämtliche Mikrofone sind an die Eingänge des Audiosteckfeldes der Stagebox angeschlossen. Ausschließlich das Mikrofon der Führungs- und Mittenkamera sowie das Funkmikrofon mit dazugehörigem Kameraempfänger vom Field-Reporter sind direkt an die Audioeingänge der Kameras angeschlossen und werden über deren Triax-Kabel übertragen. Die Ausgangskanäle des 3-Kanal-Mikroportempfängers für die Funkmikrofone des Moderators und der Gäste werden ebenfalls an die Eingänge der „Stagebox“ angeschlossen.

Für Kommandozwecke ist an die Audioausgänge die Funkrückstrecke SR 3056 für das In-Ear-Monitoring des Moderators angeschlossen.

Abbildung 30: Signalweg von Stagebox zum Übertragungswagen⁷⁴



5.2.4 Sendespuren

Die Produktions- und Distributionsumgebung der meisten Rundfunkanstalten und Produktionsstätten ist in der Regel für die Speicherung und Übertragung von vier Audiokanälen ausgelegt. Diese Infrastruktur kommt durch den Einsatz von vierspürigen MAZ-Geräten zustande, welche vorrangig für die Aufzeichnung und das Ausspielen von Bild- und Tonmaterial Verwendung finden.

Die vier zur Verfügung stehenden Spuren werden in der Regel für die Übertragung und Aufzeichnung von Programmtone und „Internationalen Ton“ (IT) verwendet. Als Programmtone bezeichnet man die sendefertige Stereotonmischung bestehend aus Kommentartone, z.B. von einem Reporter oder Kommentator, und Internationalem Tone. Der Internationale Tone

⁷⁴ Quelle: Eigendarstellung

setzt sich aus Umgebungsgeräuschen, Musik oder Originaltönen von Interviews zusammen. Die IT-Spur wird für die weitere Verwendung des aufgezeichneten Materials verwendet. Die Bezeichnung „Internationaler Ton“ stammt von der ursprünglichen Verwendung bei internationalen Live-Sendungen. Dabei wird die IT-Spur separat an andere z.B. ausländische Sendeanstalten übertragen und mit dem Kommentar in der jeweiligen Landessprache gemischt. Allgemein hat sich die Belegung von Spur 1 und 2 für Programmtone und Spur 3 und 4 für IT-Ton durchgesetzt.

Demzufolge werden vom Produktionsort vier Audiospuren entweder über Embedded Audio (SDI) oder über zwei AES-Wege zur SNG übertragen und von dort zusammen mit dem Bildsignal via Satellit zur Sendeanstalt gesendet. Diese Verfahrensweise bezieht sich ausschließlich auf die Fußballproduktion in der dritten Bundesliga. Der Aufwand und die Anzahl der benötigten Sendespuren sind bei anderen Produktionen, wie Bundesligaspielen etc., weitaus höher.

6. Fußballübertragung in Surround Sound

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den tontechnischen Aspekten einer Fußballübertragung in Dolby 5.1. Surround Sound und ist aufbauend auf die vorangegangenen Abschnitte der Fußball-Live-Übertragung in Stereo zu betrachten. Kommunikationstechnische Aspekte werden hierbei nicht weiter berücksichtigt. Weiterhin beschränkt sich die Beschreibung der technischen Einsatzmittel auf die zusätzlichen Bestandteile der Surroundproduktion.

6.1. Zielstellung

Die grundsätzliche Motivation für eine Fußballproduktion in 5.1. Surround ist in erster Linie, den Zuschauer noch stärker in das sportliche Geschehen zu integrieren und ein noch realistischeres und unterhaltsameres Gefühl der Spielanteilnahme zu ermöglichen.

Aufgrund begrenzter Personal- und Finanzressourcen kommt es aus produktionstechnischer Sicht allerdings darauf an, eine Produktion in 5.1 Sound möglichst unter denselben Bedingungen wie eine herkömmliche Stereoproduktion zu realisieren. Weiterhin müssen zusätzliche Anforderungen an Hardwarekomponenten und Distributionswege in Betracht gezogen werden. Zielstellung dieses Kapitels ist, mögliche Verfahrensweisen für die Surround-Aufnahme, Signalverarbeitung und Distribution zur Sendeanstalt bishin zum Endverbraucher darzulegen.

6.2. Hardware Anforderungen

6.2.1. Mischpult

Fußballproduktionen in 5.1-Ton sind sehr komplex, da neben dem Surround-Mix häufig mehrere zusätzliche Mischungen erstellt werden müssen. Dies kann z.B. eine Version ohne Kommentar für den Internationalen Ton und eine zusätzliche Stereomischung sein. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, muss ein surroundfähiges Mischpult mit ausreichenden Kanal- bzw. Ein- und Ausgangskapazitäten für die Produktion zur Verfügung stehen. Digitalmischpulte, welche heutzutage im professionellen Produktionsbereich eingesetzt werden, besitzen in der Regel die nötigen Präferenzen. „Die Praxis hat gezeigt, dass es durchaus möglich ist, eine Stereomischung, eine internationale Stereomischung, eine Rundfunkmischung, eine Mehrkanalmischung und eine internationale Mehrkanalmi-

schung in einem Ü-Wagen auf einem Mischpult zu erstellen.⁷⁵ Eine andere Alternative gegenüber den separaten, manuell hergestellten Tonmischungen ist der automatische Downmix. Hierbei wird lediglich eine Sendetonmischung in eine Internationale Tonmischung in 5.1 Surround erstellt und über entsprechende Hardware von Dolby zu Stereomischungen abkonvertiert. Diese Verfahrensweise ist weitaus weniger aufwendig aber dennoch fraglich, da stets geprüft werden muss, ob der automatische Downmix die Qualitätsansprüche an Stereo erfüllen kann.

6.2.2. *Abhöreinrichtung*

Für die Bewertung des Surround-Klangbildes muss eine entsprechende Abhörsituation hergestellt werden, welche der Aufstellung von Surround-Lautsprechersystemen nach der Richtlinie ITU-R BS.755 entspricht. Neben den zusätzlichen Lautsprechern besteht das Hauptproblem, dass sich eine ideale Abhörsituation aufgrund der kleinen Bauweise von Tonregionen in Übertragungswagen in der Regel nicht herstellen lässt. Eine Alternative bietet das „Binaural Room Scanning“ (BNS). BNS ist ein auf Kopfhörern basierendes System zur Simulation eines Surround-Referenzabhörortes. Das System wurde bereits vom ORF 2003 bei der 5.1-Übertragung des Neujahrskonzertes erfolgreich eingesetzt.⁷⁶ BNS ist jedoch nur eingeschränkt auf Übertragungswagen verwendbar, da aufgrund der umfassenden Arbeitsabläufe und der zu beachtenden Kommandos ein stetiges Arbeiten unter Kopfhörer nicht möglich ist. Ein zusätzlicher Toningenieur, welcher sich ausschließlich auf Kommando und Kommunikation konzentriert, würde zur Verbesserung der Situation beitragen, die Problematik an sich aber nicht aufheben.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Abhörsituation mit Lautsprechersystemen oder per BNS-System keine Ideallösungen, sondern eher einen Kompromiss zwischen den Gegebenheiten und dem Optimum darstellen.

6.2.3. *Signalbearbeitung*

Als Sende- und Distributionsmedium wird das Dolby E-Format verwendet. Für die Codierung, Decodierung und Bearbeitung von Metadaten sind entsprechende Gerätschaften notwendig. Zum Einsatz kommen der Dolby E Encoder DP571 und Dolby E Decoder DP572. Für das Editieren und Abhören der Metadaten in Echtzeit wird das Multichannel Audio Tool DP 570

⁷⁵ Vgl. FKT 4/2007

⁷⁶ Vgl. IRT Jahresbericht 2004,51

verwendet. Um alle Dolby-Komponenten mit dem Bilddatenstrom synchronisieren zu können, benötigen alle Geräte der Produktionskette ein Video-referenzsignal (Blackburst).

DP 570 Multichannel Audio Tool

Für das Editieren und Setzen der Metadaten (Kap. 1.4.4) sowie für das Abhören der mit Metadaten versehenen Surround-Mischung wird das Multichannel Audio Tool DP570 verwendet. Die diskreten PCM-Signale der 5.1-Mischung werden über digitale Audioeingänge im AES-Format über BNC-Steckverbindungen in das Multichannel Tool geführt. Weiterhin gibt es neben den Hauptausgängen für die Weiterverarbeitung zusätzliche Ausgänge (Emulator Outputs) für ein Monitorsystem oder eine Abhörmatrix. Diese Ausgänge werden von der Metadateneinstellung beeinflusst und dienen dem Echtzeitabhören der Einstellungen. Aufgrund dieser Eigenschaften kommt nur das DP570 zur Kontrolle und zum Abhören der Metadateneinstellung in Frage.

Dolby DP 571/57 Dolby En- und Decoder

Der Dolby E-Encoder DP571 codiert die Mehrkanalspuren in das Dolby E-Format und die dazugehörigen Metadaten. Der Dolby E-Encoder besitzt vier BNC-Eingänge nach AES3-Spezifikation. Somit können insgesamt acht diskrete Eingangssignale zugeführt werden. Ein- und Ausgänge können bei Bedarf auch direkt und uncodiert durchgeschliffen werden. Dies ist besonders mit Blick auf die Latenzzeiten, welche bei der Encodierung entstehen, hilfreich. So kann beispielsweise eine separate Stereomischung auf den Surround-Mix synchronisiert werden, da auch uncodierte Signale dieselbe Latenzzeit erfahren.

Der Dolby Decoder DP572 wandelt das Dolby E-Signal wieder in die ursprünglichen diskreten PCM-Signale zurück. Hauptsächlich Einsatz findet der Decoder im Übertragungswagen für das Decodieren von Zuspielden im Dolby E-Format, welche via MAZ oder anderen Zuspieldgeräten während der Produktion mit eingespielt werden.

Dolby DP562/563 Dolby Digital & Prologic II De- und Encoder

Im Funkhaus wird letztendlich ein Dolby Digital Signal im AC3-Format (Kap 1.4.1) zum Zuschauer übertragen. Der Dolby Digital-Decoder DP562 ist notwendig, um das von der Sendeanstalt ausgestrahlte HF-Signal im Übertragungswagen abzuhören. Weiterhin kann der DP562 auch für das Zuspield und Abhören von DVDs oder anderen Medien im Dolby Digital oder „Pro Logic“ verwendet werden. Der Dolby Surround und Pro Logic II Encoder

DP563 kommt vorrangig beim automatischem Downmix zum Einsatz. Die diskreten 5.1 Signale werden über 3 AES-Wege dem Encoder zugeführt und anschließend in einen zweispurigen, stereokompatiblen Surround Downmix (Lt/Rt) encodiert. Das Stereosignal kann anschließend zusammen mit den 5.1- Spuren in ein Dolby E-Signal encodiert werden. Dies entspricht dann einer „5.1+2“ Dolby E-Kanalkonfiguration, wobei alle möglichen acht Kanäle belegt wären.

6.2.4. *Mikrofone*

Für eine 5.1 Surround-Produktion kommen im Vergleich zu einer herkömmlichen Stereoproduktion weitaus mehr Mikrofone zum Einsatz. Das herkömmliche Mikrofonierungsverfahren für Stereoproduktionen beinhaltet Stützmikrofone, welche im Prinzip jetzt um eine Surround-Mikrofonierung ergänzt werden. Im Folgenden werden zwei Mikrofonierungstechniken in Betracht gezogen: Eine „Decca Tree“(Kap. 1.3.3) in Kombination mit einem „Hamasaki Square“ (Kap. 1.3.4) und eine Fukada Tree-Anordnung. Ein Decca Tree-Frontmikrofonsystem mit einem Hamasaki Square als Surround Array kann einen Mehraufwand von mindestens sieben zusätzlichen Mikrofonen bedeuten (siehe Abb. 32). Für einen Fukada Tree bestehend aus fünf Mikrofonen mit Nierencharakteristik und zwei Kugelmikrofonen gilt diese zusätzliche Anzahl von Mikrofonen in gleichem Maße. Die genaue Mikrofonanordnung des Fukada Trees wird in Punkt 6.3.2 näher beschrieben. Aus klangästhetischer Sicht sollten idealerweise alle Mikrofone vom gleichen Hersteller sein bzw. die gleiche Klangqualität besitzen, um Überblendungen möglichst homogen zu gestalten. Die Problematik bei einer Surround-Aufnahme mit einzelnen Mikrofonen besteht hauptsächlich darin, dass zu wenig Platz am Aufnahmeort vorhanden ist, um ein entsprechendes Mikrofonsetup aufzubauen. Dies kann unter Umständen in denjenigen Fußballstadien der Fall sein, in denen der Abstand zwischen Spielfeldrand und Tribüne sehr gering ist.

Als Alternative zu der Surroundmikrofonierung mit einzelnen Mikrofonen gibt es speziell entwickelte Surroundmikrofone für eine Mehrkanalproduktion. Ein geeignetes und in der Praxis erfolgreich umgesetztes Konzept hat die Firma Holophone aus Kanada entwickelt. Mit dem Surround Mikrofon „H2-Pro 5.1“ kann eine 5.1- Aufnahme mit nur einem Mikrofon realisiert werden. Das Mikrofon besteht aus fünf Kapseln, welche auf einer radialen Ebene in einem ovalen Gehäuse eingelassen sind. Die Gehäuseform ist der des menschlichen Kopfes nachempfunden und stellt eine Weiterentwicklung des Kunstkopfprinzips dar. Die Abstände der einzelnen Mikrofon-

kapseln entsprechen schematisch einer 5.1.-Lautsprecheranordnung nach ITU.⁷⁷

Abbildung 31: Holophone H2-Pro Surround Mikrofon⁷⁸



6.3. Mikrofonierung

Die folgende Verfahrensweise zur Mikrofonierung eines Fußballspiels in Surround basiert auf dem Fachartikel „Surround-Mikrofonierung bei Fussball-TV Übertragungen“ von Tonmeister und „Audio System Ingenieur“ Ralph Schloter. Das Mikrofonierungsverfahren für einen 5.1 Surround Sound ist eine Kombination aus dem „Decca Tree“ als Haupt- bzw. Front Array und einem Hamasaki Square als Surround Array. Die Mikrofonanordnung wird idealerweise in Höhe der Mittellinie positioniert, da die primäre Bildperspektive eine totale Bildeinstellung der Führungskamera auf der Tribüne ist. In der Praxis ist es üblich das Mikrofon dort aufzustellen, wo sich die meisten Zuschauer befinden. Der Rezipient vor dem Fernsehgerät verfolgt somit das Spielgeschehen hauptsächlich von der Tribüne aus gleich dem Zuschauer im Stadion. Demzufolge wird auf den Frontkanälen das Spielereignis dargestellt, während auf den Surroundkanälen das Publikum zu hören ist.⁷⁹

⁷⁷ Vgl. CUT 11/2007, 40

⁷⁸ Quelle: Bildmontage, www.holophone.com

⁷⁹ Vgl. Kopietz 2007, 55

6.3.1 Front-Mikrofone

Die Mikrofonanordnung für die Surroundaufnahme wird am Spielfeldrand im Bereich der Mittellinie positioniert. Die Front- bzw. Hauptmikrofone werden auf das Spielfeld ausgerichtet und bilden das Spielgeschehen akustisch ab. Die Mikrofone für die Surroundsignale sind auf die Tribüne ausgerichtet und fangen die Atmosphäre des Publikums ein. Dadurch verfolgt der Zuschauer vor dem Fernsehgerät das Spiel aus einer ähnlichen akustischen Perspektive wie das Publikum auf der Tribüne.

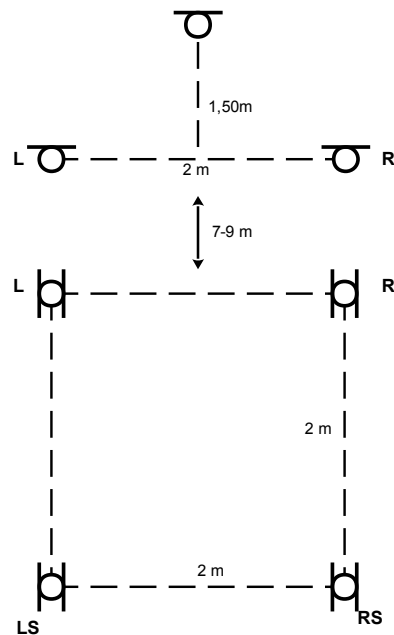
Die wichtigsten Mikrofone sind auch beim Surround die Frontmikrofone, da sie den primären, zum Bild gehörenden akustischen Eindruck des Sportereignisses liefern. Als Mikrofonierungsverfahren für die drei Frontkanäle (L, C, R) eignet sich besonders die Decca Tree-Anordnung mit drei Mikrofonen. Diese Mikrofone besitzen eine Kugelcharakteristik. Um eine weitestgehende Unabhängigkeit der Mikrofonsignale zu bewirken, müssen die Mikrofonabstände relativ groß gewählt werden (1,5 bis 2 m). Bei der Wiedergabe werden die Signale der drei Mikrofone ausschließlich auf den jeweiligen rechten, linken und den Mittenlautsprecher wiedergegeben. Um ein „Loch“ in der Mitte zu vermeiden, sollte das Mittensignal mit einem annähernd gleichen Pegel analog zu den Seitensignalen wiedergegeben werden. Durch die Unabhängigkeit der Mikrofone und die getrennte Wiedergabe ergibt sich nahezu keine Summenlokalisierung zwischen den Lautsprechern und den Lokalisationsorten der Schallquelle, welche weitestgehend unabhängig von der Abhörposition ist. Dadurch liefert diese Anordnung ein stabiles Klangbild auch außerhalb des „Sweet Spots“ (optimale Hörzone zwischen linkem und rechtem Lautsprecher). Zudem ist eine gute Mono-/Stereo-Kompatibilität gegeben.

6.3.2 Surround-Mikrofonsystem

Um das atmosphärische Klangbild zu ergänzen, wird als „Surround Array“ eine Hamasaki Square-Mikrofonanordnung (Kap. 1.3.4) bestehend aus vier Mikrofonen mit Achtercharakteristik verwendet. Die Kantenlänge des Quadrates beträgt zwei Meter. Die vorderen Mikrofone des Hamasaki Squares werden in ca. 7 bis 9 m Entfernung zu der links/rechts-Achse der Decca Tree-Anordnung positioniert. Aufgrund dieses Abstandes kommt es zu erheblichen Laufzeitunterschieden zwischen dem Front- und dem Surround-Mikrofonsystem. Diese Laufzeitdifferenzen werden in der Mischung durch eine Verzögerung des Hauptmikrofonsystems (Decca Tree) um ca. 26 ms ausgeglichen. In der Surroundmischung werden die vorderen Achtermikrofone des Hamasaki Squares jeweils den linken und rechten Kanälen mit

einem verminderten Pegel von ca. -4 dB hinzu gemischt. Die hinteren Mikrofone werden direkt auf die Surroundkanäle Ls und Rs gegeben⁸⁰.

Abbildung 32: Front- und Surround-Mikrofonanordnung⁸¹



Fukada Tree

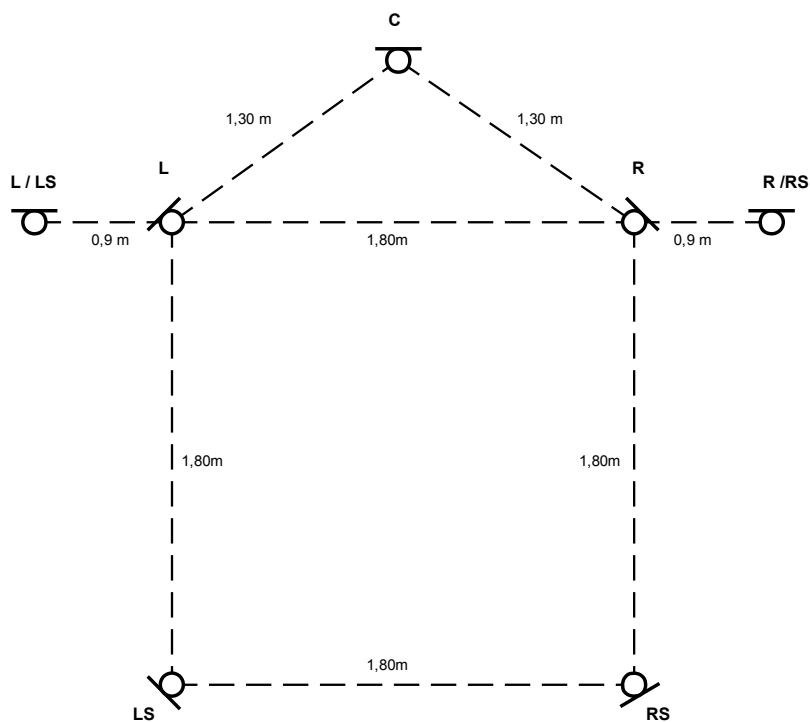
Ein abgewandeltes Konzept der „Decca Tree + Hamasaki Square“-Variante ist der Fukada Tree. Dieses Aufnahmeverfahren wird mit fünf Nierenmikrofonen für die Kanäle L, R, C, LS und RS praktiziert. Weiterhin werden zwei zusätzliche Druckempfänger mit Kugelcharakteristik weiter außen positioniert. Durch die starke Separation und geringe Korrelation zwischen den Front- und den Surroundsignalen wird das Klangfeld bei der Wiedergabe ebenfalls in zwei separate Bereiche geteilt. Das frontale Klangbild erscheint somit stark getrennt von der Surround-Ebene. Um dieser Folge entgegen zu wirken und die zwei Ebenen zu verbinden, werden die Signale der Kugelmikrofone (L/LS, R/RS) den linken und rechten Front- und Surroundkanälen zugemischt. Dadurch entsteht ein insgesamt räumliches Klangbild mit einer stabilen und zuverlässigen Abbildungscharakteristik des Aufnahmebereiches. Der Vorteil des Fukada

⁸⁰ Vgl. Schlöter, 31.08.2007

⁸¹ Quelle: Vgl. Schlöter 2007

Trees gegenüber einer Kombination aus Decca Tree und Hamasaki Square ist, dass insgesamt weniger Fläche für diese Mikrofonanordnung benötigt wird. Der Abstand zwischen den Front- und Surround-Mikrofonen ist ebenfalls variabel und kann an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Abbildung 33 verdeutlicht den schematischen Aufbau und die Kanalzuweisungen der einzelnen Mikrofone.⁸²

Abbildung 33: Fukada Tree⁸³



6.3.3 Stützmikrofone

Zur Ergänzung des Surround- Gefüges, besonders für eine passende akustische Perspektive bei Nahaufnahmen und Aktionen im Torbereich, bedarf es weiterer Mikrofone, welche wie in einer herkömmlichen Stereoproduktion hinter den Toren und gegebenenfalls im 16m-Raum als Erweiterung der seitlichen Frontmikrofone positioniert sind. Dabei werden Richtrohrmikrofone mit Hypernieren und Keulencharakteristik verwendet, um eine Überlagerung auf das Frontmikrofonsystem zu verhindern und die Unabhängigkeit der Decca Tree-Anordnung zu gewährleisten. Je nach Bildperspektive wer-

⁸² Vgl. Weinzerl 2008,596f; Geoff Martin 2006

⁸³ Quelle: vgl. Weinzerl 2008, 598

den die Signale dem entsprechenden linken und rechten Frontkanal mehr oder weniger hinzu gemischt.

6.4 Downmix

Der automatische Downmix findet zum einen direkt bei der Tonmischung im Übertragungswagen statt, wenn die separate Stereomischung automatisch aus dem 5.1 Signal gewonnen und in den Dolby E-Datenstrom integriert werden soll. Wird zum anderen die Stereomischung, wie in Kapitel 6.3 beschrieben, manuell erstellt und über einen getrennten Weg übertragen, wird der Downmix der 5.1-Spuren erst in den Wiedergabegeräten der Konsumenten erstellt. Ein Downmix ist diesem Fall nicht zwingend notwendig, ermöglicht aber die Wiedergabe von Mehrkanalaudio über eine geringere Kanalanzahl wie z.B. Stereo oder Mono und gewährleistet die Kompatibilität von Dolby Digital zu der gegebenen Abhörsituation beim Zuschauer. Der automatische Downmix ersetzt jedoch nicht die Notwendigkeit, eine separate Stereomischung zu erstellen. Um einen Qualitätsverlust gegenüber der originalen Mischung so weit wie möglich zu kompensieren, werden mittels Metadaten verschiedene Einstellparameter zur Verfügung gestellt, um die Art und Weise des Downmixes bzw. der Mischverhältnisse zu beeinflussen. Es gibt die folgenden Möglichkeiten für einen 5.1 Downmix. Bei allen genannten Verfahren entfällt der Effektkanal LFE.

Lt/Rt

„Left total/Right total“ ist ein stereokompatibler Surround Downmix, welcher sich auch für die diskrete 5.1 Wiedergabe mittels eines Dolby Pro Logic Decoders eignet. Das Mittensignal (C) wird zu gleichen Teilen zum linken und rechten Kanal addiert. Die Surroundkanäle (Ls/Rs) werden zu einem Surroundsignal (S) summiert und zum linken Kanal in Phase und gegenphasig zum rechten Kanal addiert. Somit ist das Ursprungsformat auf zwei Kanäle (Lt/Rt) reduziert. Das Lt/Rt Signal kann durch Matrixdecodierung wieder in vier diskrete Kanäle (L, C, R, S) umgewandelt werden.⁸⁴

Lo/Ro

„Left only/Right only“ ist am besten für die Wiedergabe über Stereolautsprecher oder Kopfhörer geeignet. Die Surroundkanäle Ls und Rs werden direkt dem linken und rechten Frontkanal zugemischt. Das Mittensignal wird zwischen linkem und rechtem Kanal aufgeteilt. Der Lo/Ro Downmix

⁸⁴ Vgl. Adam ,51f

verhindert eine Separation der Stereokanäle und erhöht die Monokompatibilität.⁸⁵ Ein Monosignal wird demzufolge aus dem Lo/Ro Signal gewonnen.

6.5 Distribution

6.5.1 Signalkette im Übertragungswagen

Zunächst werden mit dem Mischpult eine 5.1- Surround-Mischung und eine separate Stereomischung erstellt. Die Stereomischung wird auf herkömmliche Art und Weise über einen gesonderten AES3-Weg oder in SDI-Embedded zur SNG weitergeleitet. Die 5.1- Signale werden mittels drei AES3-Wegen über das Dolby Multichannel Audio Tool weiter zum Dolby E-Encoder durchgeschliffen und in einen Dolby E-Datenstrom codiert. Das Dolby E encodierte AES-Signal wird anschließend entweder über AES oder zusammen mit der Stereospur und dem Videosignal in SDI eingebettet und via Satellit übertragen. Das SDI-Format ist in dem Zusammenhang eine vorteilhafte Variante, um die zwei AES-Spuren (PCM-Stereo und Dolby E) zusammen mit dem Videosignal zur Sendeanstalt zu übertragen. Für die Bild-Ton-Synchronisation ist zu berücksichtigen, dass bei der Encodierung und auch Decodierung von Dolby E ein Zeitversatz von 40 ms entsteht. Dies entspricht der Länge eines Videoframes. Um die Stereomischung zeitgleich zur 5.1 Mischung auszugeben, durchläuft die Stereospur den Dolby E-Encoder über einen separaten AES-Eingang und -Ausgang (PCM Delay In/Out) und erfährt somit ebenfalls einen Zeitversatz von 40 ms. Das Signal per se wird dabei nicht beeinflusst. Nun liegen beide Mischungen zeitgleich an und können an die SNG weitergeleitet werden. Von dort aus werden sie, wie in Kap. 2.2 beschrieben, via Satellit zur Sendeanstalt übertragen.

Zur Kontrolle der Metadateneinstellungen muss das 5.1-Signal in Echtzeit über das DP 570 abgehört werden. Um die Korrektheit des Dolby E-Signals zu überprüfen, wird über den Encoder DP572 abgehört. Dieser eignet sich allerdings nicht für das Echtzeitabhören, da bei der En- und Decodierung eine Zeitverzögerung von insgesamt 80ms entsteht. Der Kontrolle des HF-Signals, welches vom Sendezentrum über Satellit ausgestrahlt wird, dient ein Dolby Digital Decoder DP562 als Abhörreferenz. Dies setzt Satellitenempfang im Übertragungswagen voraus.⁸⁶

⁸⁵ Vgl Adam ,51f, www.bbc.co.uk/commissioning/production/docs/dolby_surround.pdf

⁸⁶ Pühl, Müller, 12.03.2002

6.5.2 *Signalverarbeitung im Sender*

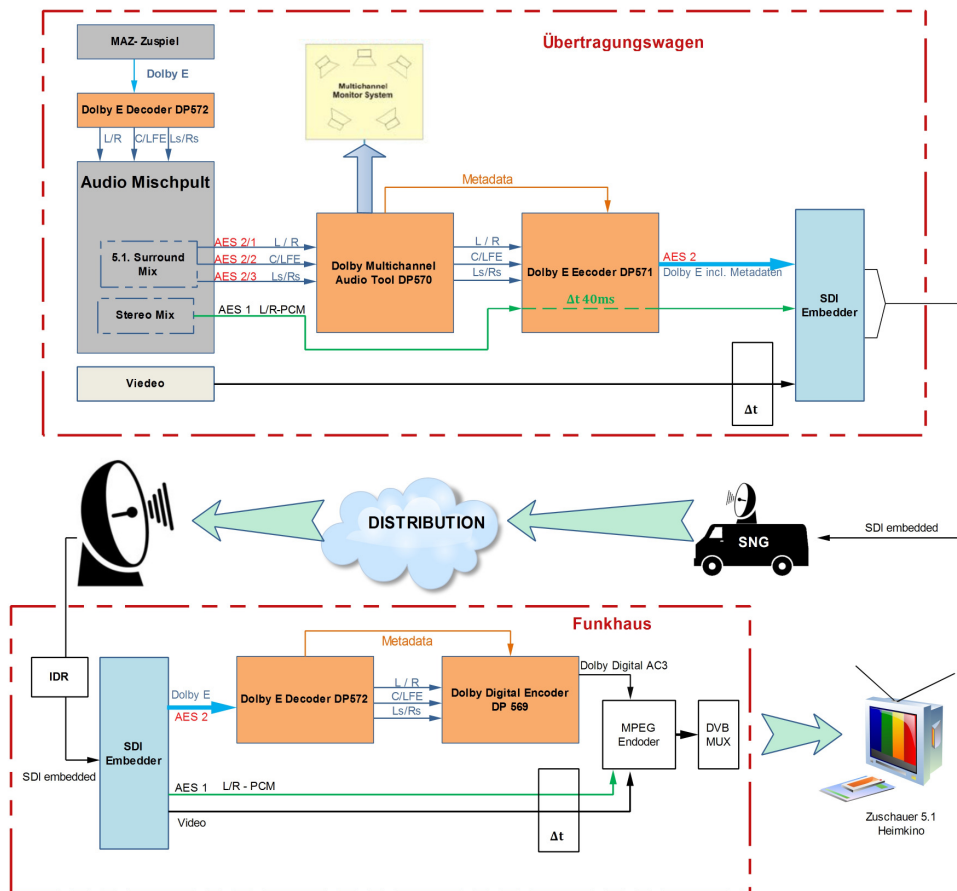
In der Sendeanstalt werden Signale empfangen, verteilt, bearbeitet und über die SAW (Sendabwicklung) zum Zuschauer weitergeleitet.

Die über Satellit empfangenen Signale werden im Sendezentrum zu den sogenannten Integrated Receiver (IRD) gesendet. Das SDI-Signal wird über einem SDI-Deembedder entpackt. Das daraus resultierende Dolby E-Signal wird mit einem Dolby E-Decoder DP 572 decodiert. Die 5.1.-Kanäle, die nach der Dolby E-Decodierung als diskrete PCM-Signale vorliegen, werden anschließend zur Codierung in AC-3 bzw. Dolby Digital einem DP 569 Dolby Digital Encoder zugeführt.

Video und PCM-Stereo-Signal, welche ebenfalls im SDI-Datenstrom enthalten sind, werden parallel zu einem MPEG-Coder gesendet und in einen MPEG-Datenstrom codiert. Nun wird der MPEG-Stream zusammen mit dem codierten AC-3 Signal (Dolby Digital) mittels eines DVB-Multiplexers gepackt und zum Konsumenten gesendet. Der Zuschauer kann nun das vom DVB-Multiplexer gesendete Signal über eine Satellitenschüssel und eine Set-Topbox empfangen.⁸⁷

⁸⁷Vgl. Adam 2008, 57f

Abbildung 34: Übertragungswege einer 5.1 Mehrkanal-Produktion⁸⁸



⁸⁸ Eigendarstellung

7 Fazit

Die zentralen Zielstellungen dieser Arbeit waren zum einen, den Aufbau einer mobilen Außenübertragung im audiotecnischen Bereich darzulegen. Dabei standen besonders die Herausforderungen und Gegebenheiten für eine reibungslose Kommunikation vor Ort im Vordergrund. Zum anderen galt es, den zusätzlichen Mehraufwand und die Unterschiede hinsichtlich einer 5.1 Surround-Produktion festzustellen. Bei Produktionsvorbereitung und Planung ist es notwendig voraus zu denken, um auf die vielfältigen Gegebenheiten eingehen zu können. Da der mobilen Außenübertragung eine große Beanspruchung der Technik zu Grunde liegt, muss für die Sendesicherheit eine hohe Reaktionsbereitschaft und ein praktischer Erfahrungsschatz im Falle einer Havarie gegeben sein.

Kommunikation

Die Kommunikation vor Ort ist ein essentieller Faktor zur Realisation einer Produktion mit einem Übertragungswagen. Die Herausforderungen an den Toningenieur sind im Einzelnen die Fähigkeit, schnell und zuverlässig neue Kommunikationswege zu konfigurieren und gleichzeitig den Kommandoanweisungen Folge zu leisten, sowie das Abmischen des Tons zu verwirklichen. In dieser Arbeit wurde verdeutlicht, dass die Anforderungen an die Kommunikationsmöglichkeiten am Produktionsort durch die technischen Möglichkeiten des Riedel-Intercomsystems im Verbund mit der Funk- und ISND-Technik erfüllt werden können. Bereits in der Planungsphase können die vorhersehbaren Kommunikationswege durch die „Director“-Software am PC vorkonfiguriert und abgespeichert werden.

Die größten technischen Veränderungen werden in Zukunft im Bereich der Drahtlostechnik stattfinden. Durch die beschriebene DVB-T-Problematik wird es neue Modelle für die Frequenzregulierung und somit neue technische Standards bei den Geräteherstellern geben.

Surround Produktion

Eine Fußballproduktion in 5.1 Surround ist an bestimmte technische Voraussetzungen gebunden. Es müssen die notwendigen Geräte zur Signalverarbeitung und zum Abhören vorhanden sein. Bei der Mikrofonierung mit einzelnen Mikrofonen innerhalb der aufgezeigten Mikrofonierungsverfahren ergibt sich die Problematik, dass zunächst aus Platzmangel im Stadion unter Umständen nicht mit den aufwendigen Mikrofonierungsverfahren gearbeitet werden kann. Hinzu kommt, dass für das Aufstellen und Einrichten

des Mikrofonsetups mindestens ein zusätzlicher Techniker vorhanden sein muss.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Mikrofonierungsverfahren wie „Decca Tree“, „Hamasaki Square“ und „Fukada Tree“ sehr aufwendig sind und einen Mehrwert an Zeit und Kosten verursachen. Aufgrund dieser Tatsache ist die Verwendung eines Surroundmikrofons die effektivste und praktischste Lösung für eine 5.1 Surroundaufnahme. Vorteilhaft ist auch, dass ein Surroundmikrofon in der Regel weniger kostet als die Summe der zusätzlich benötigten Mikrofone für ein Mikrofonierungsverfahren.

Die zukünftige Entwicklung, vor allem im Zusammenhang mit der kontinuierlichen Produktion und Ausstrahlung im HD-Bildformat, wird die Nachfrage und das Interesse nach verbesserter Tonqualität und Produktionen in 5.1-Ton langfristig verstärken. Die Rundfunkanstalten, welche ihr Programm systematisch auf HD umstellen sowie die Hersteller von Konsumelektronik gelten als treibende Kraft dieser Prognose. Hinzu kommt, dass durch die flächendeckende Einführung von digitalem Fernsehen (DVB) auch die nötigen Übertragungskapazitäten und Verbreitungsmöglichkeiten für eine Programmausstrahlung in Dolby Digital 5.1 geschaffen wurden.

Glossar

Abtaste, auch Samplingrate oder Abtastfrequenz, ist die Häufigkeit, mit der ein kontinuierliches Signal abgetastet und in ein zeitdiskretes Signal umgewandelt wird. Vorrangig bei der Umwandlung von analogen in digitale Signale.

AC-3 Audio Codec No. 3. Verfahren zur hochqualitativen Datenreduktion von Audiosignalen. Entwickelt für das Dolby Digital-Verfahren mit bis zu sechs Tonkanälen. Die Datenmenge kann auf Werte zwischen 32 und 640 kBits/s reduziert werden. Gebräuchliche Datenraten sind z.B. 348 oder 448 kBit/s. Maximal kann eine Quantisierung von 20 Bits verwendet werden.

A/D-Wandlung Analog/Digital Wandlung

Auflösung Die digitale Auflösung beschreibt bei der Analog/Digitalwandlung die Anzahl der Pegelstufen bei der Quantisierung. Je größer die Auflösung, desto mehr Pegelwerte können dargestellt werden.

AV Audio und Video

Codec So bezeichnet man Verfahren zur Kodierung und Dekodierung von Datenströmen, hier Audiodaten.

DSP „Digital Signal Processing“ ist eine Baugruppe zur Verarbeitung digitaler Audiosignale in Echtzeit.

DVB „Digital Video Broadcast“. Digitale Fernsehausstrahlung über Satellit (DVB-S), Kabel (DVB-C) oder terrestrisch (DVB-T).

Intercom engl. Kommandoanlage

I/O engl. Input/Output. Eingang/Ausgang

ISDN „Integrated Services Digital Network“

Matching Ist der Helligkeits- und Farbangleich von verschiedenen Kameras in einer Produktion.

MAV „Multi Access Video Disk Recorder“. Ermöglicht simultanes Editieren oder Ausspielen von Bild und Ton während der Aufzeichnung.

MAZ „Magnetische Aufzeichnung“

Multicore Mehradriges Kabel für die Übertragung mehrerer Tonkanäle.

PCM-Signal Ein mit „Pulse Code Modulation“ codierter Audiodatenstrom, der durch die Umwandlung analoger Tonsignale in digitale Signale entsteht.

Set-Topbox oder Receiver ist ein Gerät, dass an den Fernseher angeschlossen wird und dem Benutzer digitalen Fernsehempfang über Satellit, Kabel oder Antenne ermöglicht.

Triax Triaxial-Kabel werden bei modernen Kamerasystemen eingesetzt, um den Kamerakopf mit der Kamerakontroll- und Steuereinheit (CCU) zu verbinden. Mit Triaxialkabeln lassen sich Video-, Audio- und Steuersignale auch über lange Strecken verlustarm übertragen, weil die Signale auf hohe Trägerfrequenzen angehoben werden. Triaxkabel werden bei der Außenübertragung eingesetzt, um Kameras mit der Bildtechnik eines Ü-Wagens zu verbinden.

Vier-Draht-Verbindung Ist eine Zwei-Wege-Verbindung über separate Leitungen, bei der die entsprechenden Signale jeweils in eine Richtung pro Leitung übertragen werden. Dabei dient eine Leitung als Hin- und die andere als Rückweg. Der Begriff „Vier-Draht“ ist aus der symmetrischen Leitungsführung hergeleitet, welche für Hin- und Rückweg insgesamt aus vier Adern bzw. „Drähten“ bestehen.

Literaturverzeichnis

Fachbücher

- Mücher, Michael: Broadcast Fachwörterbuch: 6000 Begriffe und Abkürzungen Fernsehen Videotechnik Audiotechnik Multimedia, BET Verlag; 16. Auflage, vollst. überarb. u. erw. Aufl. 15. Oktober 2008
- Dickreiter, Michael/ Dittel, Volker, ARD.ZDF medienakademie (Hrsg): Handbuch der Tonstudiotechnik, Band 2, 7., völlig neu bearbeitete Auflage, K.G.Saur München 2008
- Dickreiter, Michael, Schule für Rundfunktechnik (Hrsg): Mikrophon-Aufnahmetechnik, 3. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage, S. Hirzel Verlag Stuttgart, Leipzig 2003
- Frießbeck, Andreas (Hrsg): Die Audio-Enzyklopädie: Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 1. Auflage, K.G. Saur München 2007
- Görne, Thomas : Mikrophone in Theorie und Praxis, Elektor-Verlag GmbH, Aachen 1994
- Görne, Thomas, Prof Dr. Ulrich Schmidt (Hrsg): Tontechnik, 2. Aktualisierte Auflage, Carl Hanser Verlag München 2008
- Friedrich, Hans Jörg: Tontechnik für Mediengestalter, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2008
- Webers, Johannes: Handbuch der Tonstudiotechnik für Film, Funk und Fernsehen, 9. Neu bearbeitete erweiterte Auflage, Franzis Verlag GmbH 2007
- Kirsch, Nicolas: Die TV Produktion der Fußballbundesliga, VDM Verlag DR. Müller 2007
- Weinzierl, Stephan: Handbuch der Audiotechnik, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2008
- Pawera, Norbert: Mikrophonpraxis: Technik, Akustik und Aufnahmepraxis für Instrumente und Gesang, 4. Komplett überarbeitete und erweiterte Auflage 2003, PPV Medien GmbH Bergkirchen
- Smyrek, Volker: Tontechnik für Veranstaltungstechniker in Ausbildung und Praxis, S. Hirzel Verlag 2009, Stuttgart
- Birkner, Christian: Surround, Einführung in die Mehrkanalton-Technik, PPV Presse Project Verlags GmbH, Bergkirchen 2002
- Adam, Carsten: Die Dolby-Produktionskette im TV, VDM Verlag DR Müller Aktiengesellschaft & Co. KG, Saarbrücken 2008

Fachzeitschriften

Production Partner, Ausgabe 06/2006, MM-Musik-Media-Verlag GmbH & Co KG

FKT: Fachzeitschrift für Fernsehen, Film und elektronische Medien, Ausgabe 8-9/2005,

Fachverlag Schiele & Schön GmbH

Media Biz: Ausgabe 09/2008, bergmayer & partner PRODUCER OEG

CUT - Das Broadcast Magazin, Ausgabe 11/2007

Diplomarbeiten

Kopietz, Matthias: Digitaler Mehrkanalton in der mobilen Fernsehproduktion, Hochschule für Technik und Wirtschaft Mittweida

Abbing Michael: Experimenteller Vergleich verschiedener Surroundmikrofonanordnungen hinsichtlich ihrer Eignung als Hauptmikrofon, Hochschule für angewandte Medienwissenschaften Hamburg, Oktober 2004

Sonstige Schriften

IRT Jahresbericht 2004 : Migration von Stereo zum Mehrkanalton in der Produktion, Distribution und Ausstrahlung

Bundesnetzagentur: Vfg.91 /2005, Vfg. 07/ 2006, Vfg 18/2006, Vfg 89/2003

DVB-T Leitfaden: DVB-T in der Praxis, ein Leitfaden für den Einzelhandel, Mai 2009

Abschlussbericht der DVB-T Task Force von ARD und ZDF: Pressemitteilung, 10.12.2008

Dolby Laboratories Inc.: Surround-Wiedergabe, gestern, heute und morgen, 1998

Gernemann, Andreas (Universität Köln): „Decca-Tree“ gestern und heute, 2002

Schlöter, Ralph: Surround-Mikrofonierung bei Fußball TV Übertragungen, 2007

Pühl, Hansdieter / Müller, Alex: Dolby Digital (5.1) + Dolby E im Live/MAZ Sendebetrieb und zur DVD Erstellung, 12.03.2002

Online Quellen

Berufsbilder beim Film

<http://www.regie.de/berufsbilder/bildmischung.php>
25.11.2009

Movie College

<http://www.movie-college.de/filmschule/medien/sng.htm>,
10.10.2009

IT-Wissen: satellite transmission system

<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Satellitenuebertragung-satellite-transmission-system.html>
01.12.2009

Riedel Communications GmbH: Unternehmensportrait

www.riedel.net

Geoff Martin: Fukada Tree

<http://www.tonmeister.ca/main/textbook/node840.html>
08.01.2010

Dolby E Metadata and DP571 Setup

www.bbc.co.uk/commissioning/production/docs/dolby_surround.pdf
28.12.2009

Datenblätter & Bedienungsanleitungen

Riedel Director User Guide 2007

Riface Funkinterface

<http://www.riedel.net/LinkClick.aspx?fileticket=xdKVpWSkaAw%3d&tabid=604&mid=1289&language=de-DE&forcedownload=true>
22.09.2009

Sennheiser EW 300 IM

[http://www.sennheiser.com/sennheiser/products.nsf/resources/0394A65FEC578767C12574330041CC8B/\\$File/EW300IEM_D.pdf](http://www.sennheiser.com/sennheiser/products.nsf/resources/0394A65FEC578767C12574330041CC8B/$File/EW300IEM_D.pdf)
9.01.2010

Sennheiser MKH 416

[http://www.sennheiser.com/sennheiser/products.nsf/resources/6D913BA65755E991C12574330043A145/\\$File/MKH_416.pdf](http://www.sennheiser.com/sennheiser/products.nsf/resources/6D913BA65755E991C12574330043A145/$File/MKH_416.pdf)
9.01.2010

Sennheiser MKH 418-S

[http://www.sennheiser.com/sennheiser/products.nsf/resources/57A7125B58ED4B71C12574330043A732/\\$File/MKH418S_bda.pdf](http://www.sennheiser.com/sennheiser/products.nsf/resources/57A7125B58ED4B71C12574330043A732/$File/MKH418S_bda.pdf)
9.01.2010

Riedel Artist Brochüre, Riedel Communications GmbH

http://www.riedel.net/LinkClick.aspx?link=Downloads%2fBroschures%2fRiedel_Artist_DE.pdf&language=de-DE,
27.10.2009

Studer Vista Brochüre

http://www.audiopro.de/live/cgi-bin/download.php?filepath=/live/studer/studer_vista5_prospekt_en.pdf
03.10.2009

Dolby DP570 Multichannel Audio Tool

http://www.dolby.com/uploadedFiles/zz-_Shared_Assets/English_PDFs/Professional/141_570_Manual.pdf
25.12.2009

Persönliche Gespräche

Matthias Kopietz 14.07.2009

Matthias Kopietz 02.11.2009

Matthias Kopietz 27.11.2009

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Die Stellen dieser Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Maik Sauer

Leipzig den 16. April 2010